CORNEL MITOIU GABRIELA MARIN

REGULARIZAREA ALBIILOR DE RÂURI

ISBN 973-9493-12-2

CORNEL MITOIU GABRIELA MARIN

REGULARIZAREA ALBIILOR DE RÂURI

CURSURI UNIVERSITARE

CU

CORNEL MITOIU GABRIELA MARIN

REGULARIZAREA ALBIILOR DE RÂURI

ÎNDRUMAR DE PROIECTARE



Lucrările publicate în seria CURSURI UNIVERSITARE au avizul catedrei de specialitate din Universitatea Politehnica București

În seria *CURSURI UNIVERSITARE*
au mai apărut:

35. Managementul financiar și contabilitate pt. manageri nefinanțiști-M. Costache
36. Inginerie financiară - Maria Costache
37. Acționări și comenzi hidropneumatice – D. Vasiliu, N. Vasiliu, C. Călinoiu
38. Grafică pe calculator – D. Vasiliu, C. A. Roșu, C. Drăgoi
39. Fiabilitatea și mentenabilitatea sistemelor – Mihai Bayer
40. Elemente de ecologie – Viorica Nistreanu, Valeriu Nistreanu
41. Ingineria separărilor cu membrane – R. Dima, V. Pleșu, C. L. Gîjiu
42. Cours de culture technique et civilisation – J. Galan, C. E. Coteț
43. Extrudarea metalelor și aliajelor – Ghe. Chelu
44. Amenajarea resurselor de apă și impactul asupra mediului – Valeriu și Viorica Nistreanu
45. Desen tehnic industrial – D. Dobre, I. Simion
46. Bazele teoretice ale deformării plastice – Cazimirovici Eugen
47. Mecanica fluidelor și mașini hidraulice – I. Seteanu, D. Broboană, A. Marin
48. Parametrii de așchiere la prelucrarea prin strunjire -M. Pleșca și Gh. Amza
49.Ingineria raurilor –regularizarea raurilor și indiguiri-C.Mitoiu,G.Marin

În seria *CURSURI UNIVERSITARE – PROBLEME ȘI APLICAȚII*
au apărut:

I. Prelucrări mecanice pe mașini-unelte – G. Calea, F. Dumitrache, M. Pleșca, G. Gârleanu, M. Dumitraș
II. Geometrie Descriptivă - D. Marin, L. Raicu, S. Ioniță, D. Dobre, G. Oprea L. Petrescu, Ș. Minculescu
III. Desen tehnic – Elena Drăgulănescu, Ermina Țapu
IV. Ambreiaje și cuplaje de siguranță cu fricțiune – A. Tudor, F. Ilie, I. Marin
V. Extensiometrie – C. Decolon, F. Simion, M.D. Simion
VI. Organe de mașini - Filip Ilie
VII. Rezistența materialelor – N. Iliescu, C. Atanasiu, Gh. Radu, G. Jiga

prof.dr.ing. Cornel Mitoiu **conf.dr.ing.Gabriela Marin**

REGULARIZAREA ALBIILOR DE RAURI

ÎNDRUMAR DE PROIECTARE

Editura BREN,
București
1999

Adresa: BREN
Str. Lucăcești nr. 12, sector 6
București
Tel/Fax: 2.23.43.47
6.37.21.55

Referent științific : Prof. dr. docent SIMION HÂNCU

Bun de tipar: 17.09.1999
ISBN 973-9493-12-2
Tipar: BREN PROD
IMPRIMAT ÎN ROMÂNIA

CUPRINS

1.1 INTRODUCERE. DEFINIŢII. CONCEPŢII ACTUALE DE PROIECTARE

Lucrările de regularizare a albiilor râurilor s-au impus ca o necesitate în valorificarea şi în gospodărirea apelor, dar mai ales în combaterea efectelor distructive ale apelor.

Inundaţiile sunt fenomene naturale care, datorită proporţiilor şi frecvenţei lor, au consecinţele cele mai grave asupra activităţilor umane. Din cele mai vechi timpuri există mărturii cu privire la inundaţiile cu caracter catastrofal care au avut loc în lume. Nici România nu a fost cruţată de inundaţii. Suprafaţa totală inundabilă a ţării depăşeşte 1 milion de hectare, iar dintre inundaţiile cu caracter excepţional din acest secol menţionăm pe cele care au avut loc în anul 1932 în Moldova, în 1941 în Muntenia, în 1970 în jumătatea de nord a ţării şi din lunca Dunării, cele din 1975 din sudul ţării, cele din 1991 din Moldova şi din decembrie 1996 din nordul şi centrul ţării.

Asemenea fenomene au determinat omul, să caute şi să găsească metode de apărare. Există mărturii că, din mileniul 3 î.e.n. marile oraşe din valea râului Ind erau apărate împotriva inundaţiilor prin diguri. Progresiv, tehnica lucrărilor de combatere a inundaţiilor a evoluat, atingând complexitatea celor contemporane. Odată cu dezvoltarea societăţii umane, apare necesitatea crescândă de securitate, prin creşterea fondurilor de investiţii disponibile şi alocate pentru realizarea lucrărilor de combatere a inundaţiilor; evident că nu toate obiectivele inundabile vor putea fi aduse simultan la gradul de apărare stabilit prin norme. Ca urmare apare necesară etapizarea măsurilor şi lucrărilor necesare, astfel încât trecerea la creşterea gradului de apărare să se facă progresiv.

Problema combaterii inundaţiilor constă în găsirea celor mai adecvate lucrări hidrotehnice de amenajare a cursurilor de apă pentru evitarea pagubelor produse de inundaţii. Urmare acestui deziderat oamenii au realizat şi realizează în prezent ample lucrări de îndiguire sau şi lucrări de atenuare a undelor de viitură, Dar acestea nu sunt suficiente dacă nu se combină cu măsuri non-structurale, care au alt caracter decât cel hidrotehnic.

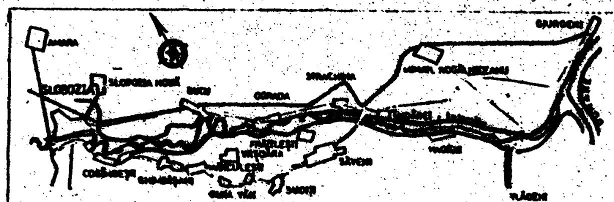
In lucrarea de faţă ne ocupăm de realizarea proiectelor de regularizare a albiilor de râuri şi îndiguiri.

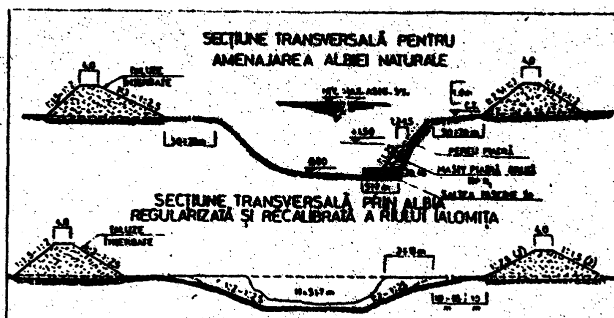
DEFINIŢII

Prin lucrări de regularizare a albiilor de râuri se înţeleg acele lucrări care, acţionând simultan asupra traseului în plan, asupra secţiunilor de scurgere şi profilului longitudinal al cursului de apă, conduc la obţinerea unei albii stabile cu scurgere cât mai uniformă şi cu variaţii cât mai mici ale vitezei.

Râurile îşi croiesc singure albia în diverse condiţii geomorfologice, urmând continuu drumul energetic cel mai scurt. Acţionând asupra rocii peste care curg, râurile îşi modelează albia în forme care diferă de la o secţiune la alta. Din depozitele sedimentare râurile antrenează materialul aluvionar, îl transportă şi, unde capacitatea curentului de apă se reduce sub debitul solid târât sau în suspensie, îl depune. Sunt, însă sectoare de râu pe care capacitatea de transport este aproximativ egală cu debitul solid târât sau în suspensie. Aceste sectoare sunt de obicei numite *sectoare model* sau *sectoare de echilibru morfologic*, deşi acest echilibru este instabil, la limită, întrucât orice perturbaţie care intervine conduce la modificări ale albiei atât în plan vertical, cât mai ales în plan orizontal. Modificările în plan orizontal ale albiilor râurilor se manifestă prin eroziuni de mal, meandre, străpungeri de meandre, surpări de maluri ş.a., în unele cazuri, mai ales în timpul apelor mari, având un caracter foarte violent.

Pentru apărarea bunurilor din zona malurilor albiilor de râuri, pentru stabilizarea albiei în plan orizontal, dar şi în plan vertical, oamenii au realizat lucrări numite *lucrări*





Principalele volume de lucrări:

- **săpături 3920000**
- **umpluturi 3655500**
- **piatră brută 130000**

PRINCIPALELE CARACTERISTICI:

– 83,3 km diguri pentru apărarea contra inundațiilor;

– regularizarea albiei minore prin execuția a 6,1 km de tăieri de coturi și consolidarea malurilor pe o lungime de cca. 18000 ml.

Fig. 1. AMENAJAREA RÂULUI IALOMIȚA
ZONA I DUNĂRE – SLOBOZIA

de regularizare. Desigur, la realizarea acestor lucrări s-au pus probleme de eficiență, de rezistență, de cost, durată de execuție, materiale, de tipuri, formă, dimensiuni ş.a.

Soluțiile acestor probleme sunt condiționate de cunoaşterea *problemelor de hidraulică*, respectiv *de cunoaşterea interacțiunii între curentul de apă, construcție, albie mobilă şi debit solid*.

Sectoarele de albie *stabilă*, sectoarele model, sunt acceptate drept sistem de referință în determinarea coeficienților din relațiile morfometrice. Aceste relații morfometrice se consideră *statistic valabile şi în cazul albiilor regularizate* care trebuie să corespundă cât mai bine capacității de transport al debitului solid. Lucrările de regularizare dimensionate corespunzător albiilor *stabile* sunt la minimum solicitate de curent.

1.1.2. CONCEPȚII ACTUALE CU PRIVERE LA SOLUȚIILE DE REGULARIZARE A ALBIILOR CURSURILOR DE APĂ

Utilizarea rațională a investițiilor, a resurselor de materii prime şi combustibililor, în actuala conjunctură economică mondială, constituie şi pentru țara noastră o preocupare majoră în toate sectoarele de activitate.

In domeniul amenajărilor complexe de gospodărire a apelor există încă posibilități de îmbunătățire a activității, în lumina acestor cerințe, pentru realizarea unor construcții de calitate şi fiabilitate ridicată, folosind soluții şi tehnologii perfecționate care să conducă la scurtarea duratei de execuție, creşterea productivității muncii, *reducerea consumului de materiale şi energie, precum şi a costului lucrărilor.*

Trebuie să arătăm de la început că lucrările de regularizare, prin specificul lor sunt condiționate de o serie de elemente variabile de la caz la caz, ceea ce determină de regulă, un caracter de unicat pentru asemenea amenajări. Ca urmare nu este posibil să se stabilească soluții universal valabile, ci numai o serie de principii generale ce trebuie adaptate la fiecare situație caracteristică în parte.

Din experiența acumulată până în prezent se pot evidenția următoarele aspecte:

I. Pentru amenajarea cursurilor de apă nu pot fi propuse soluții generale, universal valabile, întrucât fiecare curs de apă are particularitățile sale proprii, specifice zonelor pe care le străbate.

Se pot aplica însă, o serie de principii generale care pot conduce la rezultate bune, dacă sunt aprofundat analizate.

II. Realizarea lucrărilor de regularizări şi îndiguiri în condiții economice şi de fiabilitate ridicată, necesită o concepție care să aibă la bază o analiză minuțioasă a tuturor factorilor, principiilor şi posibilităților materiale, începând încă de la schema generală de amenajare, până la procesele tehnologice. Modificările care se fac pe parcursul execuției la soluția de amenajare au numai un efect limitat, în detrimentul calității, reprezentând în fapt măsuri de ultimă urgență luate pentru remedierea unor soluții insuficient studiate inițial. Eliminarea pe parcurs a execuției unor tăieri de coturi, aprecierea eronată a rugozității sau de multe ori o investiție redusă, nerațională, pot genera un efort mare în exploatare, pentru menținerea în stare de funcționare a lucrărilor realizate.

III. Pentru îmbunătățirea concepției privind soluțiile de regularizare şi îndiguire a cursurilor de apă se consideră necesar ca în viitor să se aibă în vedere următoarele:

1. Schema generală de amenajare a unui curs de apă trebuie să se încadreze în amenajarea complexă a bazinului hidrografic respectiv. Deci trebuie să se țină seama

pe de o parte de efectul lucrărilor existente, pe de altă parte de lucrările ce se vor realiza cu certitudine în următorii 5 ani.

2.In calculele de dimensionare trebuie avuți în vedere coeficienții de rugozitate corect adoptați, corespunzător caracteristicilor albiei naturale, a lucrărilor executate în albie şi a condițiilor de exploatare şi întreținere a lucrărilor.

3.In cadrul soluției generale de amenajare trebuie să se țină seama atât de efectele pozitive ale folosințelor silvice în cazul apelor mici, cât şi de cele negative în cazul apelor mari (reducerea capacității de transport).

4.Referitor la soluțiile de regularizare se menționează:

–lungimea cursului natural să se scurteze cât mai puțin, prin rectificarea traseului albiei minore, tăindu-se numai coturile pronunțate, ținându-se seama de gradul de sinuozitate a râului pe sectoarele model;

–în zonele neîndiguite, îndiguite pe un singur mal sau pe ambele maluri, dar cu diguri depărtate, să se prevadă canale pilot pentru rectificarea traseului albiei minore;

–să se evite la maximum reprofilările de maluri, menținându-se consolidarea lor naturală.

5.La stabilirea traseului digurilor să se aibă în vedere printre altele:

–reducerea dezatenuării debitelor maxime;

–menținerea axului hidraulic de curgere a apelor mari;

–evitarea menținerii unor meandre părăsite în spatele digurilor, care rămân, deobicei pline cu apă şi nefolosite;

–asigurarea unui spațiu de siguranță între dig şi mal, prin adoptarea unei distanțe judicios aleasă, reducându-se astfel şi volumul consolidărilor de mal;

–amenajarea unor compartimente îndiguite la cote mai joase față de îndiguirea generală, acolo unde se justifică tehnic şi economic.

6.Pentru reducerea costului apărărilor de mal se impun unele măsuri, din care amintim:

–diversificarea tipurilor de consolidări şi îmbunătățirea criteriilor de alegere, avându-se în vedere şi caracteristicile geotehnice ale albiei;

–folosirea cu precădere a soluțiilor elastice;

–utilizarea la maximum a materialelor locale, în vederea reducerii consumului de carburanți, ciment, etc.;

–extinderea folosirii dalelor cu goluri, a cadrelor prefabricate din beton şi a geogrilelor;

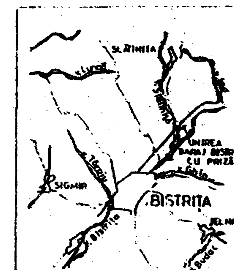
–diversificarea şi extinderea consolidărilor biologice tipizate.

7.Introducerea unor tehnologii cât mai economice,cu un cost scăzut, cu productivitate fizică mare, pentru scurtarea duratei de execuție, care să aibă în vedere următoarele criterii:

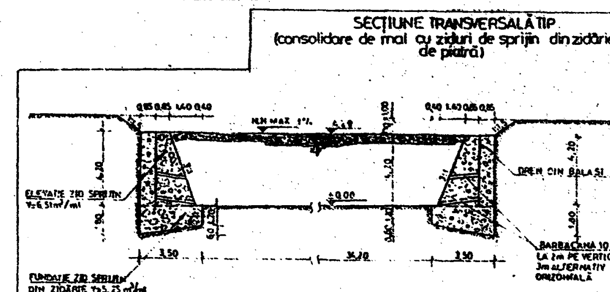
–evitarea sau reducerea compensărilor longitudinale sau a împrăştierii surplusurilor de terasamente;

–folosirea utilajelor complexe, care se dovedesc mai economice şi cu productivitate fizică mare (screpere,autoscrepere);

–folosirea zonei dig-mal pentru umpluturi în corpul digurilor

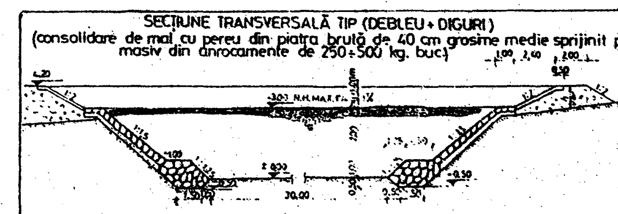


REGULARIZAREA RÂULUI BISTRIȚA
ÎN MUNICIPIUL BISTRIȚA
JUDEȚUL BISTRIȚA – NĂSĂUD
Fig. 2.



PRINCIPALELE VOLUMA DE LUCRĂRI:

– umpluturi	85.700 mc
– beton simplu şi armat	700 mc
– ziduri de sprijin	18.800 mc
– piatră brută	34.500 mc



PRINCIPALELE CARACTERISTICI:

- regularizarea râului Bistrița pe o lungime de 5,9 km;
- în sectorul central: apărări de mal cu ziduri de sprijin din zidărie de piatră brută;
- în sectorul amonte şi aval: apărări de mal cu peree din piatră brută;
- praguri de fund îngropate, pentru stabilizarea locală a albiei;
- diguri de pământ în sectoarele amonte şi aval l = 3,6 km;
- apărarea municipiului Bistrița împotriva inundațiilor la cl. II de importanță.

Fig. 3.
REGULARIZAREA RÂULUI CĂLMĂŢUI PE SECTORUL ÎNSURĂŢEI DUNĂRE JUDEŢUL BRĂILA
– etapa II –

SECŢIUNE TIP CONSOLIDARE

SECŢIUNE TIP RECALIBRARE ŞI ÎNDIGUIRE

SECŢIUNE TIP RECALIBRARE ÎN ZONA ÎNDIGUITĂ (remuu DUNĂRE)

PRINCIPALELE VOLUME DE LUCRĂRI:

- săpături 1.458.000 mc;
- lungime consolidare 18.370 m;
- suprafaţă perău 112.000 m²;
- volum piatră brută prism 15.000 mc.

PRINCIPALELE CARACTERISTICI:

- regularizare albie 30 km; diguri 24,8 km;
- apărare împotriva inundaţiilor a 5865 ha, 5 localităţi aval cpm. Însurăţei, 10 km drumuri judeţene şi comunale, asigurarea debuşării colectorului principal pentru amenajarea hidroameliorativă complexă a 113.200 ha.

-folosirea explozivilor la execuţia canalelor pilot în scopul reducerii consumului de carburanţi şi al creării condiţiilor favorabile de lucru a utilajelor terasiere, când această metodă este mai economică;

-introducerea hidromecanizării la executarea lucrărilor de regularizare şi îndiguire, acolo unde sunt condiţii tehnico-economice corespunzătoare, în vederea reducerii consumului de carburanţi etc.

1.2. CARACTERISTICILE ŞI SCOPUL LUCRĂRILOR DE REGULARIZARE A ALBIILOR RÂURILOR

1.2.1. CARACTERISTICILE LUCRĂRILOR DE AMENAJARE A ALBIILOR CURSURILOR DE APĂ

Se precizează că totalitatea lucrărilor ce fac obiectul prezentului îndrumar se referă la *amenajarea albiilor cursurilor de apă*. In mod frecvent se foloseşte şi *noţiunea de regularizare a albiei*. Deoarece însă de multe ori, referindu-se la un curs de apă se spune lucrări de *regularizare şi îndiguire* (deşi îndiguirea este tot o lucrare de regularizare, dar a albiei majore), s-a considerat că denumirea de amenajare a albiilor este mai corespunzătoare incluzând toate lucrările necesare: regularizarea albiei minore (tăieri de coturi, calibrări de secţiune, apărări de mal, diguri de disipare, praguri de fund, epiuri) precum şi regularizarea albiei majore (îndiguiri, parapeţi de protecţie), inclusiv canale de derivare totală sau parţială a debitului de apă a unui râu.

Prin amenajarea albiilor râurilor se urmăreşte realizarea uneia sau mai multor obiective: regularizarea debitelor de apă minime şi maxime; regularizarea debitelor solide-târâte sau în suspensie; realizarea unui curs de apă hidraulic stabil; înfrumuseţarea zonei riverane cursului de apă.

Principala caracteristică a lucrărilor de amenajare a albiilor o constituie faptul că ele sunt condiţionate de o serie de elemente dintre care multe sunt aleatorii, ceea ce determină, de regulă, un caracter de unicat pentru asemenea amenajări.

Fiecare curs de apă sau chiar sector al aceluiaşi râu trebuie amenajat potrivit unei soluţii proprii, în concordanţă cu prezenţa şi intensitatea factorilor care determină regimul său caracteristic de curgere.

Albia cursurilor de apă reprezintă un tot unitar care asigură transmiterea tuturor debitelor de apă şi de sedimente (debit solid), în regimuri specifice de curgere (debite mari, medii, mici), cele două părţi ale albiei (albie minoră şi albie majoră), fiind interdependente.

Din acest punct de vedere amenajarea albiei minore sau numai a celei majore (îndiguiri), fără o analiză în complex a condiţiilor de curgere poate conduce la rezultate nesatisfăcătoare. Aplicarea în mod mecanic a aceloraşi soluţii, fără a ţine seama de particularităţile cursului de apă respectiv, conduce la rezultate eronate.

De aceea, pentru amenajarea albiilor râurilor trebuie avute în vedere soluţii individualizate de la caz la caz, respectându-se principiile generale de amenajare care derivă din necesitatea realizării unor lucrări economice, încadrate în tendinţa generală de dezvoltare şi de menţinere a unei albii stabile.

1.2.2. SCOPUL LUCRĂRILOR DE AMENAJARE A ALBIILOR

De la caz la caz, prin amenajarea albiilor cursurilor de apă se urmăreşte:

-realizarea unui regim normal de curgere sau la anumiţi parametri necesari, în funcţie de resursele de apă ale bazinului de recepţie aferent sectorului amenajat, atât pentru debitele de apă cât şi pentru cele de sedimente;

–apărarea teritoriului riveran împotriva inundațiilor, eroziunilor, colmatărilor;
–obținerea de noi terenuri din lunca inundabilă, pentru diverse folosințe;
–crearea condițiilor pentru asanarea unor terenuri situate fie în lunca inundabilă, fie chiar pe câmpia înaltă învecinată, precum și înfrumusețarea zonei străbătută de cursul de apă

1.3.CRITERII ŞI PRINCIPII GENERALE DE PROIECTARE

1.3.1. CRITERII GENERALE DE PROIECTARE PENTRU AMENAJAREA ALBIILOR

Toate lucrările de amenajare a albiilor urmăresc în principal fie stabilizarea albiei pentru menținerea situației existente, fie corectarea acesteia, restrângându-se (încorsetându-se) secțiunea de curgere în vederea recuperării unei suprafețe cât mai mari de teren căreia să i se poată da diverse folosințe. Trebuie însă avut în vedere că această restrângere este însă limitată, fiecare curs de apă având nevoie de un spațiu bine determinat ("spațiu vital minim ") care nu trebuie afectat decât în cazuri bine justificate. In caz contrar se modifică echilibrul dinamic existent, albia devine instabilă, fiind necesare lucrări de amploare, costisitoare pentru stabilizarea traseului și secțiunii de curgere. Cazul cel mai elocvent este cel al încorsetării puternice a albiei datorită realizării unor diguri apropiate de mal sau al rectificărilor brutale, cu distrugerea consolidării naturale ale malurilor, albia devenind instabilă, cu eroziuni puternice greu de stăpânit chiar în cazul realizării unor apărări de mal.

In general, la proiectarea lucrărilor de amenajare a albiei cursurilor de apă trebuie avute în vedere cele două părți ale albiei (atât cea minoră cât și cea majoră), care împreună asigură curgerea debitelor lichide și solide. Aceasta, ar permite să înțelegem că lucrările din albia minoră modifică regimul de curgere din albia majoră și invers.

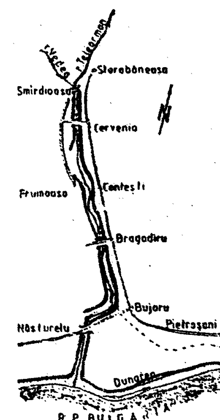
Spre exemplu, dacă pe malurile unui curs de apă urmează să se amplaseze unele obiective economice care datorită spațiului necesar, condiționează realizarea digurilor de apărare în imediata vecinătate a malurilor, soluția respectivă va conduce implicit, datorită încorsetării albiei, la supraînălțări mari ale nivelurilor și la creșterea apreciabilă a vitezelor de curgere în albia minoră. Ca urmare, lucrările de îndiguire din albia majoră conduc la necesitatea realizării de lucrări de regularizare suplimentare în albia minoră, pentru a se asigura stabilitatea acesteia.

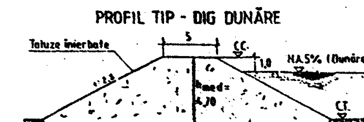
In acest caz, problema este mult mai complexă, deoarece ansamblul de lucrări ce trebuie realizate poate necesita un efort apreciabil de investiție care să nu fie justificat. Apare deci necesitatea, în astfel de situații, de a se face o analiză tehnico–economică a mai multor variante, cu diferite distanțe între diguri (sau între dig și mal), pentru a se putea adopta varianta cea mai eficientă, cu lucrări minime și investiții raționale.

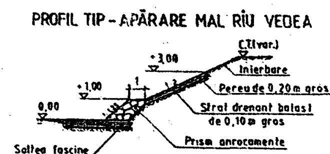
Regularizarea completă și complexă a unei albii cuprinde astfel lucrări atât în albia minoră cât și în albia major. Acest mod de rezolvare este însă în general costisitor și de cele mai multe ori nici nu este necesar. De regulă, în practică este suficient să se amenajeze albia numai parțial: lucrări în albia minoră pe ambele maluri sau numai pe un mal, sau diguri de asemenea pe ambele maluri sau pe un mal, ori combinații de lucrări în albia minoră și majoră.

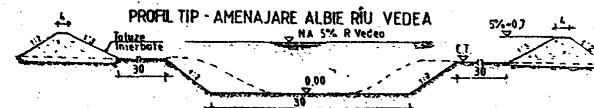
Important, este faptul că, la orice proiect de amenajare trebuie să se analizeze, cel puțin la nivel general (schemă hidrotehnică) regularizarea complexă și completă a întregului sector de râu interesat, prevăzându–se și realizându–se însă numai lucrările stric necesare. Se vor putea cunoaște astfel efectul lucrărilor propuse, riscurile ce apar

Fig. 4.
AMENAJAREA RÂULUI VEDEA PE SECTORUL TELEORMAN – DUNĂRE ŞI ÎNDIGUIREA DUNĂRII ÎN ZONA DE VĂRSARE A RÂULUI VEDEA









PRINCIPALELE VOLUME DE LUCRĂRI:

- terasamente 3.280.000 mc;
- piatră brută 28.600 t.

PRINCIPALELE CARACTERISTICI:

- regularizarea și calibrarea albiei r. Vedea pe o lungime de 32 km de la confluența cu p. Teleorman până la confluența cu Dunărea. Zona de vărsare a r. Vedea este o albie nouă pe un traseu nou în lungime de 8,3 km.
- diguri de apărare împotriva inundațiilor în lungime de 62 km din care 13 km la Dunăre și 49 km pe r. Vedea.
- apărarea împotriva inundațiilor a unei suprafețe agricole amenajate cu lucrări de îmbunătățiri funciare de 6780 ha.

prin nerealizarea integrală a amenajării şi, ceea ce este deosebit de important, modul de încadrare al lucrărilor propuse în ansamblul de lucrări complexe.

Sintetizând principalele criterii ce trebuie avute în vedere la lucrările de amenajare a albiilor se pot reţine următoarele:

–respectarea pe cât posibil a tendinţei naturale de evoluţie a albiei râului, realizându-se o albie stabilă, atât ca traseu şi pantă, cât şi ca dimensiuni ale secţiunii de curgere;

–încadrarea lucrărilor de regularizare în ansamblul amenajărilor prevăzute pe râul respectiv, inclusiv cele de atenuare a debitelor;

–evitarea unor rectificări abuzive care conduc la distrugerea echilibrului dinamic;

–menţinerea pe cât posibil a direcţiei naturale de curgere şi a capacităţii de transport la ape mari, evitând introducerea unor rezistenţe suplimentare sau a încorsetărilor accentuate;

–prevederea cu precadere a unor soluţii elastice, adaptabile la afluieri sau modificări morfologice ce se pot produce în albie;

–realizarea, ori de câte ori este posibil, în etape a lucrărilor de regularizare, urmărindu-se evoluţia în timp şi în spaţiu a fenomenelor morfologice.

1.3.2. PRINCIPII GENERALE DE PROIECTARE A ALBIEI REGULARIZATE

De regulă dimensionarea albiei regularizate nu se face pentru cele mai mari viituri probabile, ci pentru un debit maxim de calcul mai redus care asigură un anumit grad de apărare împotriva efectelor dăunătoare ale apelor mari, determinat în funcţie de importanţa economico-socială a obiectivelor apărate, potrivit prevederilor STAS 4068/82 sau la un debit maxim rezultat pe baza calculelor tehnico-economice.

Prin proiectarea lucrărilor de regularizare trebuie să fie asigurate funcţiile de tranzitare prin albie a debitelor de apă şi de sedimente astfel :

–Albia minoră (principală) tranzitează debitele minime din perioada secetoasă, debitele variabile până la debitul capabil al albiei minore (cel puţin debitul de formare al albiei) precum şi debitele obligate (comandate prin regimul amenajat) respectiv debitul de servitute, debitul minim de albie, debitul de turbinare, etc.;

–Albia majoră amenajată (la nivelul digurilor) tranzitează diferenţa de debit dintre debitele maxime ale viiturilor de calcul şi debitul albiei minore pline;

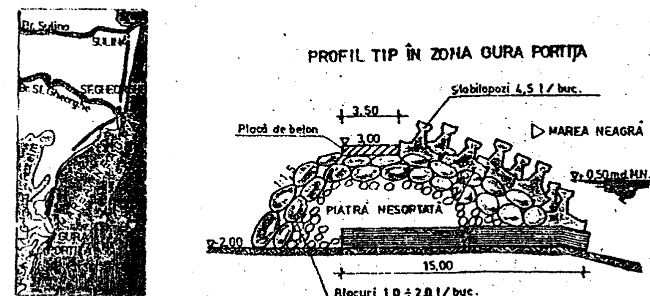
–Albia majoră de calamitate, tranzitează viiturile excepţionale sau unde de avarii, depăşind nivelul lucrărilor de regularizare.

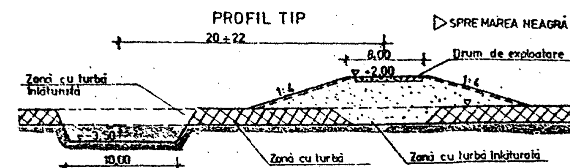
Albia minoră poate fi concepută după două principii hidromorfologice şi anume, ca :

–albie stabilă, care îşi menţine relativ constante în timp suprafaţa profilului transversal, cota fundului în profilul longitudinal incluzând talvegul şi traseul în plan orizontal şi care asigură tranzitarea debitelor de apă şi de sedimente fără depuneri sau eroziuni;

–conturul albiei este realizat în totalitate sau în mare parte în terenul natural, putând avea pe unele zone lucrări de consolidare sau de dirijare şi care în timp nu necesită lucrări de întreţinere sau acestea sunt minime, debitele mari sau mici scurgându-se fără depuneri sau eroziuni;

–albie cu profil obligat, de regulă o albie instabilă dimensionată să tranziteze un anumit debit de apă cu anumiţi parametri: conturul este realizat similar albiei stabile sau este puternic consolidat ajungând până la canale realizate din elemente rigide şi care în timp necesită lucrări de întreţinere mai ample deoarece prezintă, după caz, colmatări sau eroziuni care trebuie eliminate.





PRINCIPALELE VOLUME DE LUCRĂRI:

– terasamente	7.545.000 mc;
din care dragaje	4.815.000 mc;
– saltea de fascine	13.000 mp;
– beton armat şi simplu	10.000 mp;
– anrocamente	40.000 mc;
– stabilopozi	2.500 buc.

PRINCIPALELE CARACTERISTICI:

– diguri din materiale locale (nisip);
– diguri (epiuri) în mare din anrocamente pe saltea de fascine şi stabilopozi.
– consolidarea şi apărarea litoralului românesc pe 64 km între Sulina şi Gura Portiţa.

Fig. 5. LUCRĂRI DE CONSOLIDARE ŞI PROTECŢIA LITORALULUI ÎN SECTORUL NORD MIDIA

Lucrările proiectate trebuie să fie coordonate cu celelalte lucrări de regularizare existente sau prevăzute a se executa pe cursul de apă respectiv, pe afluenții acestuia, și în general în întregul bazin de recepție; se vor lua în considerare și unele lucrări cu caracter special ca de exemplu cele pentru extragerea balastului din albie, traversări de conducte, poduri, etc.

Lucrările de regularizare a albiei râurilor trebuie să se încadreze în prevederile planurilor de amenajare complexă a bazinelor hidrografice.

La proiectarea lucrărilor de regularizare trebuie să se țină seama de :

–schițele și planurile de sistematizare teritorială și orășenească;

–proiectele de organizare a teritoriului agricol;

–alte planuri de dezvoltare economică ale zonei;

–de legea apelor și legea privind asigurarea durabilității, siguranței în exploatare, funcționalității și calității construcțiilor.

Proiectarea lucrărilor de regularizare a albiei râurilor (albie minoră și majoră în complex) trebuie să se analizeze în mai multe variante. Alegerea soluției se stabilește pe criterii tehnico–economice, ținându–se seama în mod complex de :

–gradul de satisfacere a cerințelor temei de proiectare;

–efectele lucrărilor de regularizare asupra altor obiective existente sau prevăzute a se realiza pe râu, precum și influența acestora asupra lucrărilor de regularizare proiectate;

–costul, consumul de energie și combustibil, consumul de materii și cheltuielile de întreținere ale lucrărilor de regularizare;

–condițiile și perioada de timp disponibilă pentru executarea lucrărilor.

Proiectarea lucrărilor de regularizare trebuie să se extindă de la sectorul cursului de apă delimitat prin temă de proiectare (sector principal al proiectului) la sectoarele adiacente ale cursului de apă, spre amonte și spre aval, precum și pe afluenți (sectoare secundare ale proiectului).

Lungimea sectoarelor secundare se va stabili în funcție de influențele reciproce între sectorul principal și sectoarele secundare.

Dacă din diferite cauze lucrările pe sectoarele secundare nu pot fi executate în paralel cu cele de pe sectorul principal, proiectarea lucrărilor pe sectorul principal se va face ținând seama de implicațiile neexecutării lucrărilor de pe sectoarele secundare și de perspectiva mai apropiată sau mai îndepărtată a executării acestora.

Extremitățile amonte și aval ale lucrărilor de regularizare și dacă este cazul – și extremitățile de pe afluenți, vor fi racordate cu extremitățile lucrărilor de regularizare adiacente.

In lipsa unor lucrări de regularizare pe sectoarele adiacente, extremitățile sectorului regularizat trebuie să fie amplasate în zone cât mai stabile și să fie prevăzute cu construcții de capăt care să le asigure împotriva afluierii și ocolirilor, de către curentul de apă al râului.

La proiectarea lucrărilor de regularizare se va avea în vedere încadrarea acestora în mediul riveran, favorizându–se rezolvări care îmbogățesc și înfrumusețează peisajul cu deosebire la traversarea localităților, în dreptul platformelor industriale, în lungul căilor de comunicație (drumuri și căi ferate), precum și în zonele turistice, astfel încât impactul cu mediul înconjurător să conducă la efecte benefice.

1.4. PAGUBE ŞI RISC ACCEPTAT

1.4.1.Noțiunea de *risc acceptat* implică un compromis între *lucrările ce reprezintă o singuranță totală și lucrările economice*. In fapt nu există lucrări de construcție care să prezinte o siguranță totală în funcționare. Realizarea unei astfel de lucrări este în mod cert neeconomică. Sarcina proiectantului ca și a factorilor de decizie, este de a stabili limita admisibilă a riscului deci, a determina *riscul calculat* care trebuie acceptat în momentul aprobării și realizării lucrării. In domeniul construcțiilor hidrotehnice, riscul ce poate fi acceptat este foarte variabil, fiind în funcție de o mulțime de factori, diferind de la caz la caz, de la gen de lucrare la gen de lucrare, etc.

Astfel, de exemplu, în cazul unui baraj și al unui dig de apărare, siguranța construcției nu poate fi aceeași. Ruperea unui baraj poate avea efecte catastrofale pentru zona din aval, datorită valului de apă ce poate îneca și distruge tot ce întâlnește în calea lui. Ruperea unui dig nu are același efect: propagarea inundației prin breșa creată este mai lentă, coloana de apă mai redusă, dispunându–se de regulă de timpul necesar pentru evacuarea oamenilor, animalelor și a altor bunuri.

Dar, chiar în cazul unei îndiguiri, riscul ce poate fi acceptat nu este același în toate cazurile. Oportunitatea realizării unor apărări de mal, de exemplu, este în strânsă legătură– printre alți factori de condiționare – și cu distanța de amplasare a digului față de cursul de apă. Cu cât această distanță este mai mică cu atât riscul ca lucrarea să nu reziste, *fără* consolidarea malului, este mai mare. Dacă în timpul unei viituri, când zona dig–mal este sub apă, se produc eroziuni de mal pe adâncimea de 5–10 m, digul poate să nu fie pus în pericol, când este amplasat la o distanță mai mare. După trecerea viiturii, zonele de degradare a malurilor sunt puse în evidență și pot fi luate măsuri de refacerea în cadrul acțiunilor de întreținere și exploatare. Dacă însă digul este amplasat în imediata vecinătate a malului, orice erodare a acestuia poate produce prăbușirea digului, fără ca fenomenul să poată fi prevenit din timp, deoarece întreaga zonă este sub apă.

De altfel toate normele de calcul sunt elaborate în ipoteza admiterii unui risc. Astfel STAS–urile 4068/1–82, 4068/2–82 și 4273–83 care stabilesc debitele și clasa de importanță a lucrărilor, încadrează lucrările în diferite clase ținând seama tocmai de riscul ce poate fi acceptat (vezi anexa 1)

Orice lucrare realizată la clasa IV, de exemplu, trebuie să prezinte siguranța necesară dar numai pentru această clasă, existând riscul ca ea să nu mai reziste în cazul unei viituri ce realizează debite superioare, de clasa III, II sau I.

A nu admite nici un risc înseamnă a realiza lucrarea la clasa I, investiția fiind însă cert neeconomică (teoretic nici în această situație lucrarea nu prezintă o siguranță absolută, fiind vulnerabilă în cazul unei alte probabilități de producere a fenomenului considerat).

Din aceleași motive ultimele reglementări ICCPOC precizează că &2.4 de la STAS 4068/2–82 referitor la debitul maxim de verificare ce trebuie luat în considerare la verificarea construcției studiate, nu intervine la stabilirea volumelor și dimensiunilor lucrărilor, cu excepția barajelor. De asemenea, cu excepția barajelor la toate celelalte lucrări hidrotehnice, deci și la cele de regularizare, nu se ia în considerare sporul de siguranță la calculul debitelor și volumelor maxime de apă, admițându–se deci un risc sporit.

ANEXA 1

CATEGORII DE LUCRARI, CLASE DE IMPORTANTA SI ASIGURARI DE CALCUL (STAS 4068/1,2/1982 şi 4273/83)

A. Categorii de diguri:

Categoria îndiguirii	Suprafaţa apărată de inundaţii
2	20.000
3	20.000 – 5.000
4	5.000

B. Clase de importanţă

Categoria lucrărilor	Clasa de importanţă			
	Lucrări permanente		Lucrări provizorii	
	Principale	Secundare	Principale	Secundare
2	II	III	III	IV
3	III	IV	IV	IV
4	IV	IV	IV	V

C. Asigurări de calcul în funcţie de clasa de importanţă

Condiţii de exploatare	Clasa de importanţă			
	II	III	IV	V
	asigurarea (%)			
Condiţii normale (Qc)	1	2	5	10
Condiţii excepţionale (Qv)	0,1	0,5	1	3

De aceea, inginerul proiectant este obligat să analizeze pentru lucrarea respectivă implicaţiile posibile, să accepte conştient un risc calculat, dacă acesta se justifică din punct de vedere economic.

După Cassagrande, aprecierea acestui risc, care condiţionează dimensionarea lucrării şi respectiv efortul financiar ce trebuie realizat, trebuie făcută în raport cu consecinţele unui eşec posibil avându-se în vedere:

–pierderi catastrofale în vieţi şi bunuri materiale;

–pierderi grele în vieţi şi bunuri materiale;

–pierderi financiare apreciabile, dar probabil fără pierderi de vieţi umane;

–pierderi financiare medii, fără pierderi de vieţi.

1.4.2.Noţiunea de risc, conduce implicit, îndeosebi pentru lucrările de amenajare a albiilor, la noţiunea de *pagubă*. In fapt, lucrările de regularizare se realizează pentru prevenirea sau înlăturarea unor pagube ce se pot produce. Justificarea economică a acestor lucrări constă tocmai în evaluarea acestor pagube posibile.

Din acest punct de vedere se disting:

a.*Pagube reale,* care se produc efectiv, ca urmare a distrugerii unor bunuri, perturbarea unor activităţi. Acestea pot fi de două feluri:

–pagube directe, reprezentând distrugerile, deteriorările sau pierderile de bunuri materiale;

–pagube indirecte, reprezentând pierderile datorate stânjenirii sau opririi activităţii unor unităţi economice.

Astfel, inundarea unei căi ferate poate provoca atât pagube directe, prin deteriorarea acesteia, cât şi pagube indirecte prin întreruperea circulaţiei şi deci întreruperea aprovizionării cu materiale, materii prime, etc., a unor unităţi economice situate atât în perimetrul inundat cât şi în afara lui.

b.*Pagube potenţiale,* care reprezintă pagubele ce s–ar produce în viitor, ţinând seama de dezvoltarea economică a zonei. Ele pot fi definite drept venitul net ce ar putea fi obţinut, dacă dezvoltarea folosinţelor existente nu ar fi stânjenită de inundaţii, eroziunea malurilor etc.

De regulă pagubele potenţiale sunt mai mari decât cele actuale, întrucât gradul de dotare al teritoriului creşte an de an prin extinderea obiectivelor economice şi construirea de obiective noi. Stabilirea pagubelor potenţiale se face pe o perioadă de cca 20–25 de ani.

Determinarea tuturor acestor pagube care justifică oportunitatea unei investiţii este o operaţie destul de complexă şi delicată. Ea presupune o evaluare a bunurilor din perimetrul interesat, precum şi evaluarea distrugerilor posibile, ţinând seama de intensitatea şi natura fenomenului ce poate provoca paguba respectivă.

Astfel, în cazul unei eroziuni de mal, o construcţie poate fi distrusă prin prăbuşirea terenului. In situaţia când construcţia este inundată, valoarea pagubei nu mai este egală cu valoarea bunului afectat, deoarece construcţia suferă numai degradări parţiale.

In general se consideră că, cu cât raportul dintre pagubele calculate şi investiţia necesară este mai mare, cu atât lucrarea este mai oportună.

Trebuie însă avut în vedere că lucrările de gospodărire a apelor, în general, şi cele de amenajare a albiilor, în special, au şi un rol social ce nu totdeauna poate fi cuantificat în valori certe, ca de exemplu pierderile de vieţi omeneşti, ce pot fi cauzate de o inundaţie. Dar, însăşi bunurile afectate pot avea importanţă diferită în funcţie de caracteristicile locale. Astfel, apărarea de inundaţii a unei suprafeţe de cca 500 ha, cu o investiţie specifică de cca 300.000 lei/ha este discutabilă din punct de vedere al oportunităţii lucrării, dacă terenurile se situează într–o zonă de câmpie, unde beneficiarul respectiv dispune şi de alte suprafeţe cultivabile. In schimb, aceeaşi investiţie specifică poate fi oportună dacă terenul respectiv se situează într–o zonă de dealuri şi constituie singura suprafaţă ce poate fi cultivată de către riverani.

1.4.3. CALCULUL PAGUBELOR PRODUSE LA INUNDAŢII

Zonarea teritoriului din punctul de vedere al inundaţiilor se foloseşte în special acolo unde nu se prevede îndiguirea terenului respectiv, dar serveşte curent la calculul pagubelor potenţiale.

Astfel, după propunerile americane lunca inundabilă a unui râu se împarte în trei zone, aşa cum se vede în figura de mai jos:

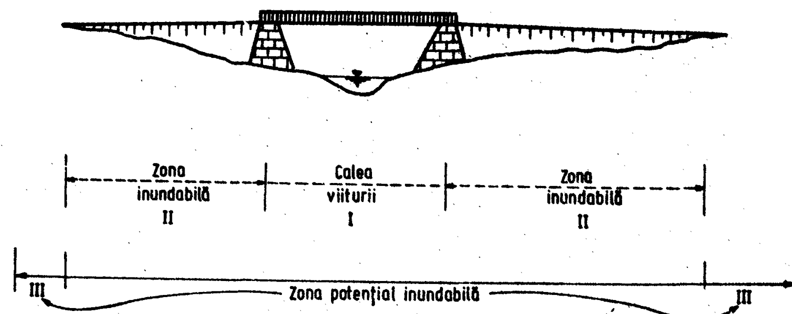


Fig.6

a)*Calea viiturii*, este secţiunea de scurgere a viiturii, adică albia minoră şi o parte din albia majoră strict necesară pentru transportul debitului viiturii. Stabilirea lăţimii acestei zone este foarte dificilă, astfel că se asimilează cu deschiderea podurilor, sau după definiţia americană lăţimea căii viiturii se stabileşte din condiţia ca la debitul maxim de calcul, supraînălţarea care ar rezulta prin limitarea secţiunii de scurgere la această lăţime să fie de cca 30 cm (1 ft). Totodată menţionăm că în calea viiturii se interzice amplasarea oricărei construcţii, care să stânjenească trecerea ei, fără a se renunţa la folosirea zonei, ca păşune, terenuri de parcare auto, parcuri sportive, etc., care vor da pagube minime în caz de inundaţie.

b)*Zona inundabilă* propriu zisă, cuprinde terenuri ale căror cote sunt sub nivelul apelor cu probabilitatea de depăşire de calcul (de obicei 3%; 1%). In această zonă se amplasează unele folosinţe, dar cu restricţii ca:

–drumurile să aibă cote deasupra cotelor de inundaţie potenţială;
–construcţiile să fie amplasate pe platforma de umplutură neinundabile;
–se pot cultiva pomi fructiferi.

c)*Zona potenţial inundabilă*, cuprinde terenurile ale căror cote sunt sub nivelul apelor viiturii potenţiale care corespunde viiturii de verificare (1%; 0,5%; 0,1%). In această zonă se pot amplasa folosinţe fără restricţii speciale.

Calculul pagubelor se efectuează în felul următor:

Cu ajutorul calculelor hidraulice se determină nivelul apei la diverse asigurări, la cote absolute şi se reprezintă grafic :

$$z = f_1\,(p\%)$$

unde:
z = cota apei
p%= asigurarea nivelelor

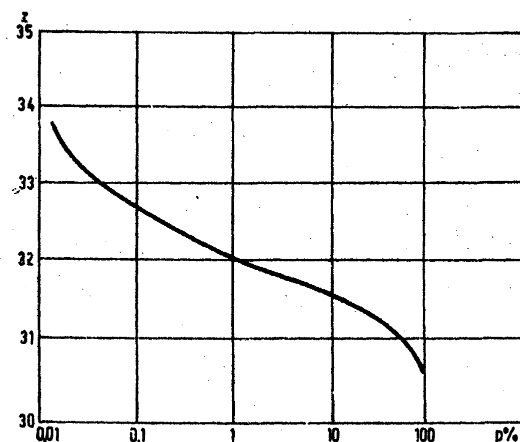


Fig.7. Curba de variaţie a cotei de inundabilitate în funcţie de asigurarea de calcul

Prin măsurători pe planurile de situaţie şi culegerea datelor necesare din teren se determină relaţia dintre valoarea pagubelor actuale şi cota apei, aşa cum se vede din graficele de mai jos:

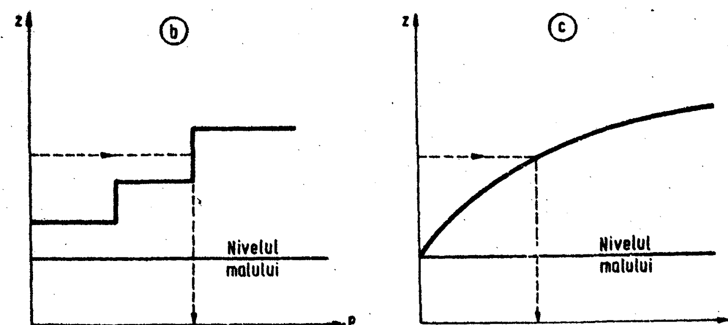


Fig.8. Curbele de variaţie a pagubelor actuale în funcţie de cota de inundabilitate

$P = f_2 (z)$

unde:
P = valoarea pagubelor actuale
z = cota apei

Pentru obținerea pagubei actuale se trasează limitele de inundabilitate corespunzătoare diferitelor asigurări de calcul pe planurile de situație și se determină toate bunurile și valoarea acestora din zona inundabilă. La această valoare se aplică un procent de uzură (degradare), rezultând în final "paguba actuală".

Pe baza curbelor $Z = f_1$ (p%) și $p = f_2$ (Z) se determină curba $P = f_3$ (p%) care stabilește variația pagubelor actuale în funcție de asigurările de calcul.

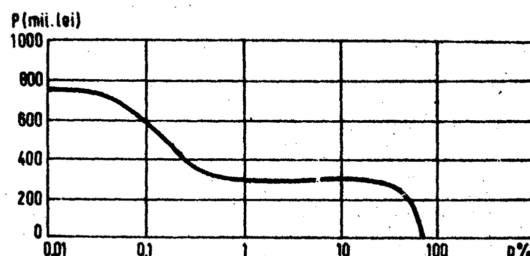


Fig.9. Curba de variație a pagubelor actuale totale în funcție de asigurarea de calcul

Pagubele potențiale se determină în același mod cu deosebirea că valoarea bunurilor inundabile se stabilește pentru un an de perspectivă. Acestea se stabilesc fie utilizând studiile economice de dezvoltare în perspectivă a zonelor interesate, fie cu ajutorul valorii de deviz a obiectivelor existente din care se scade valoarea uzurii fizice a obiectivelor inundabile și care apoi se majorează cu un procent de dezvoltare pe perioada dintre situația actuală și cea de perspectivă. Acest procent actual se aplică diferențiat în funcție de zona de inundabilitate în care se află obiectivele. Astfel, de exemplu pentru "calea viiturii " d=0–1%, pentru zona inundabilă d=1–2% și pentru zona "potențial inundabilă " d =2–3%.

2. STUDII NECESARE PENTRU PROIECTARE

Pentru obținerea datelor necesare dimensionării lucrărilor se execută studii de teren, laborator și birou, în scopul cunoașterii cât mai bine a suprafeței ce urmează a fi îndiguită, a suprafeței și a terenului pe care se execută lucrările, a condițiilor locale de realizare a lucrărilor. Studiile sunt necesare strict, pentru:

–analiza necesității lucrărilor;

–stabilirea soluțiilor optime de dimensionare, a proceselor tehnologice de execuție și a condițiilor de exploatare;

–calculul efectelor economice ale investițiilor.

Conținutul și volumul studiilor sunt stabilite în raport cu importanța obiectivului de investiții

–studii topografice;
–studii climatice;
–studii hidrologice și hidraulice;
–studii geotehnice și hidrogeologice;
–studii privind dezvoltarea social–economică a zonei;
–studii privind surse locale de materiale de construcții.

2.1.*Studiile topografice* trebuie să prezinte elementele pluviometrice și nivelitice necesare pentru precizarea caracteristicilor de relief ale terenului și dimensiunilor obiectivelor ce trebuie apărate, etc. prin întocmirea planurilor de situație și de detaliu, profilelor topografice și topohidrografice, relevee, etc.

Astfel densitatea profilelor de 1–2 km între acestea, în noile condiții ale apariției proprietății private devine nesatisfăcătoare. De asemenea trebuiesc marcați toți beneficiarii de teren, de stat sau particulari, care în noile condiții prezintă o densitate deosebită, încă de la faza de "studiu de fezabilitate " când se obțin avizele de la acești deținători, etc. Nici chiar folosințele nu rămân sigure pe mai mulți ani și nici proprietarii, mii din aceștia putând să–și vândă proprietatea sau o parte a proprietății oricând.

In tot cazul studiile topografice cuprind:

–*planuri topografice* care se completează cu următoarele elemente: structura proprietății (stat, particular, cooperatist) și *structura principalelor folosințe* la data ridicărilor topo (agricol, cu arabil, pășuni, fânețe, silvic, perimetre construite, etc.)

–*profile topografice*, având același plan de referință ca și planurile de situație și a căror densitate trebuie să depindă de obiectivele întâlnite pe traseu, de gradul de meandre a râului, de desimea zonelor înguste datorită unor construcții (poduri, SP, subtraversări, etc.) de intersecții cu conducte de petrol, gaze, apă, de numărul de mire hidrometrice, de liniile electrice aeriene sau cabluri electrice subterane, cabluri și linii telefonice, etc.

–*relevee* la construcțiile existente sau proiectate la data ridicărilor topo, etc. inclusiv fotografii și fișe tehnice

Trebuie menționat că pe planurile topografice trebuiesc menționate și toate amenajările existente sau în curs de execuție (irigații, piscicultură, desecări, hidroenergetice, etc.), precum și amplasamentul diverselor borne cadastrale, repere topografice, foraje și puțuri de observație, etc. identificabile prin poziție, dimensiuni cote.

2.2.*Studiile climatice* trebuie să prezinte elementele necesare determinării înălțimii valurilor, a condițiilor de fundare a digurilor, a consolidării biologice a digurilor, precum și perioadele optime de execuție, etc. folosind datele de la stațiile meteo cele mai apropiate pe un interval de timp de minimum 15 ani. Astfel, observațiile trebuie să cuprindă date în legătură cu:

–regimul vîntului, pe direcții cu asigurări de 2% și 4%;

–regimul precipitațiilor atmosferice prin frecvența ploilor;

–intensitatea și durata lor, precum și asigurarea acestora;

–regimul temperaturii aerului cu minime și maxime absolute, date referitoare la zilele de îngheț prin prima și ultima apariție în timp pe durata unui an, etc.

2.3.*Studiile hidrologice și hidraulice* ce trebuie să prezinte caracteristicile regimului de scurgere al cursului de apă și ale afluenților acestuia, în situație naturală și în situație îndiguită, ținând seama de prevederile STAS 4273–76.

Schemele hidrotehnice pentru gospodărirea apelor se întocmesc pe baza unor studii hidrologice și hidraulice generale ale cursului de apă, ținând seama de unele prevederi ca:

a)prezentarea debitelor şi nivelurilor istorice, maxime cunoscute în secţiunile profilurilor topografice ridicate;

b)prezentarea debitelor şi nivelurilor maxime la asigurările de calcul şi verificare indicate de proiectant;

c)prezentarea debitului şi nivelului medii multianuale;

d)prezentarea, în dreptul mirelor hidrometrice, a hidrografelor caracteristice ale viiturilor maxime înregistrate;

e)prezentarea de-a lungul sectorului îndiguit a următoarelor elemente:

–undele de viitură pe tronsoane caracteristice conform temei de proiectare;

–curbele suprafeţei libere în regimul actual de scurgere, în regim natural şi în regim modificat de scurgere ţinând seama de încorsetarea râului datorită îndiguirii;

–rugozitatea albiei minore şi majore, pe sectoare caracteristice etc.

f)prezentarea suplimentară a debitelor şi nivelurilor maxime pentru asigurările 5% ; 20% a debitului de umplere a albiei minore, debitului şi nivelului minim, la etiaj;

g)consideraţii privitoare la evoluţia morfologică a albiei minore, tendinţele de meandrare, de ridicare sau coborâre a fundului albiei şi evidenţierea parametrilor morfometrici ai sectoarelor stabile de albiei;

h)consideraţii privitoare la regimul de scurgere din perioadele cu fenomene de iarnă;

i)elemente de calcul şi consideraţii privitoare la pante şi viteze la debite caracteristice, vitezele critice de antrenare a particulelor din fundul şi malurile albiei minore;

j)la propunerea proiectantului se efectuează şi studii, încercări şi verificări pe modele hidraulice şi în laborator, în cazul unor probleme complexe, etc.

2.4.*Studiile geotehnice şi hidrogeologice* trebuie să pună la dispoziţie proiectantului, precum şi beneficiarului îndiguirii, datele necesare asupra stabilităţii digului şi a fundaţiei acestuia, ţinând seama de caracteristicile fizice, mecanice, de rezistenţă şi de permeabilitate a pământurilor, trebuie să furnizeze elementele necesare stabilirii procesului tehnologic de execuţie şi exploatare a lucrărilor, cercetarea geotehnică respectând prevederile STAS 1242–1/73.

Pentru cercetarea la teren se realizează foraje de prospecţiuni la anumite distanţe şi adâncimi în funcţie de categoria terenului, de înălţimea viitorului dig, etc. precum şi şanţuri deschise cu adâncimi până la 2,5 m pe traseul digurilor şi în zona gropilor de împrumut.

Incercările de laborator trebuie să prezinte următoarele elemente: granulozitatea, porozitatea (n) şi indicele porilor, greutatea volumetrică a pământului (γ), în stare uscată (γ_d) şi în stare saturată (γ_s), limitele de plasticitate (ω_p, ω_L), unghiul taluzului natural, unghiul de frecare interioară (ϕ), coeziunea (c), umiditatea optimă de compactare (w_{opt}), coeficientul de permeabilitate (k), etc.

Pe baza studiilor hidrogeologice se indică adâncimea medie şi minimă a nivelului freatic şi consideraţiile necesare legate de datele hidrogeologice obţinute din teren.

2.5.*Studiile de dezvoltare social–economică a zonei inclusiv pagubele înregistrate* se realizează pentru studiul de fezabilitate, în vederea determinării eficienţei economice a lucrărilor propuse. In cadrul acestor studii se prezintă pagubele înregistrate până la data studiului datorate inundaţiilor şi legătura acestora de mărimea viiturilor ce au avut loc, precum şi posibilităţile de dezvoltare socio-economică regională, iar legat de aceasta pagubele potenţiale ce se vor putea produce datorită nerealizării îndiguirii. Totodată se prezintă obiectivele social–economice apărate şi importanţa acestora în afară de valoarea lor bănească, etc

2.6.*Studiile asupra surselor locale de materiale de construcţii* se execută asupra acelor materiale care sunt necesare la execuţia lucrărilor, trebuind să se stabilească volumul rezervelor utilizabile, amplasamentul şi caracteristicile acestora, precum şi tehnologia de exploatare a depozitelor, evaluându–se şi costul Aducerii lor pe şantier.

Fiecare din situaţiile menţionate mai sus prezintă în final concluziile şi recomandările privind întocmirea studiilor ca urmare a măsurătorilor directe sau şi încercărilor de laborator efectuate legat de temele primite de la proiectant odată cu comenzile, de care proiectantul trebuie să ţină seama la abordarea proiectului.

Totodată, înainte de folosirea acestor studii documentaţiile primite se verifică de către proiectanţi pentru a nu lăsa loc la folosirea unor date greşite în calcule, eventualele neconcordanţe sau chiar greşeli, fiind remediate de cei ce întocmesc studiile la solicitarea proiectantului, un rol deosebit în această acţiune având–o verificatorul de proiect împreună cu şeful de proiect.

3.CALCULE HIDRAULICE PENTRU DIMENSIONAREA LUCRARILOR DE REGULARIZARE

3.1.DEBITELE DE APĂ CARACTERISTICE

Capacitatea de tranzitare a debitelor de apă şi de sedimente a cursurilor de apă amenajate se determină în funcţie de debitele caracteristice a căror curgere trebuie asigurată şi anume:

a)Debitele maxime ale viiturilor, corespunzătoare claselor de importanţă ale obiectivelor ce necesită realizarea lucrărilor de regularizare (STAS 5068/2–82 şi 4273–83), respectiv cele două valori caracteristice:

–debitul de calcul (de dimensionare) reprezentând debitul maxim teoretic la care se dimensionează lucrările, având asigurarea corespunzătoare gradului de apărare normat al obiectivelor social–economice protejate, în condiţii normale de exploatare;

–debitul de verificare, reprezentând debitul maxim teoretic la care se verifică lucrările, pentru aceeaşi asigurare, în condiţii excepţionale de exploatare.

Asupra acestor două valori caracteristice se fac următoarele precizări:

–Debitul de calcul este cel împotriva căruia trebuie protejate obiectivele economice. In funcţie de valoarea acestuia se determină suprafaţa inundabilă ce trebuie apărată, precum şi pagubele ce trebuie evitate;

–Debitul de verificare determină siguranţa construcţiei de apărare, pentru ca aceasta să reziste (să nu fie deversată) la debitul de calcul.

Cu alte cuvinte, diferenţa dintre aceste două debite, respectiv diferenţa de nivel corespunzătoare acestor debite reprezintă garda de siguranţă a construcţiei.

Pentru lucrările de importanţă redusă, dimensionarea lucrării de apărare se face în funcţie de nivelul dat, de debitul maxim de calcul la care se adaugă o înălţime (spaţiu) de rezervă.

Interpretând corect aceste două noţiuni rezultă următoarele concluzii:

Dacă lucrarea de protecţie împotriva apelor mari se realizează în rambleu (dig de apărare), înălţimea totală a acesteia se determină de regulă în funcţie de nivelul dat de debitul de verificare. Digul apără obiectivele economice pentru debitul, respectiv nivelul maxim de calcul, diferenţa de înălţime reprezentând siguranţa construcţiei.

Dacă lucrarea de protecție împotriva apelor mari se realizează în debleu (albia minoră se calibrează astfel încât să poată tranzita la nivelul malurilor debitul de calcul) nu mai este necesară o siguranță suplimentară pentru construcție deci nu mai este nevoie de dimensionarea acesteia pentru debitul de verificare. Obiectivele economice sunt apărate la debitul de calcul, care nu depășește nivelul malurilor, iar la debite mai mari, prin deversare pe terenul înconjurător construcția de apărare (canalul de regularizare) nu este deteriorat (fig.10). De asemenea, protecția de mal se dimensionează la debitul de calcul (fără a se verifica la debitul de verificare).

Așa cum am arătat anterior, debitul de formare este apreciat ca debitul care umple albia minoră sau debitul maxim cu probabilitatea de depășire (asigurare) 5%...20%.

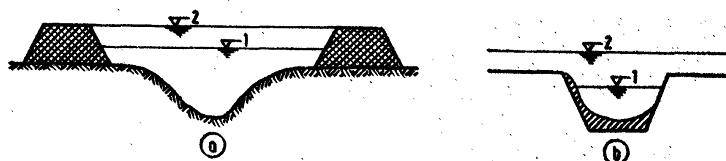


Fig. 10. Niveluri de calcul și verificare
a) Lucrări în rambleu 1. Nivelul maxim de calcul
b) Lucrări în debleu 2. Nivelul maxim de verificare

c).Debitul mediu multianual (modul),reprezintă media pe mai mulți ani (de regulă minimum 25) a debitelor medii anuale.

d).Debitele obligate (comandate în regim amenajat) reprezintă debitele a căror scurgere trebuie asigurată: debitul de servitute pentru satisfacerea diverselor folosințe, debitul minim de albie (curgerea salubră, fond acvatic etc.), debitele evacuate de la diverse folosințe, cel turbinat etc.

e).Debitul mediu care asigură transportul de sedimente, atât prin târâre cât și în suspensie.

3.2. CALCULUL HIDRAULIC AL CURBEI SUPRAFEȚEI LIBERE A APEI.

Pe baza ridicărilor topografice, precum și a celorlalte studii de teren, se analizează în primul rând natura scurgeri în albie, pe sectorul interesat, determinându-se nivelurile de apă, vitezele apei, etc. la debitele caracteristice.

Calculele hidraulice pentru determinarea curbei suprafeței libere a apei se efectuează în diverse ipoteze ale curgerii apei:

a)Mișcarea permanentă, uniformă. In general, mișcarea apei în canale, și cu atât mai mult la cursurile de apă nu este permanentă și cu atât mai mult uniformă. Totuși, în unele cazuri ea poate fi considerată ca atare, atunci când albia are o formă prismatică, fără variații mari ale secțiunii, panta este unică (uniformă), lungimea sectorului de râu e redusă, nu intervin afluienți cu aport de debit. Calculul în mișcare permanent uniformă poate fi luat în considerare în condițiile de mai sus, pentru

scurgerea în albia minoră la stabilirea lucrărilor de regularizare (de exemplu tăierea unui cot)

In această situație viteza medie a apei este constantă în secțiunea transversală și depinde de raza hidraulică, panta de rugozitate a albiei, conform relației Chezy,

$$V = C\sqrt{RI} \qquad (m/s)$$

Capacitatea de tranzitare a albiei se determină cu relația:

$$Q = \omega . V \qquad (m^3/s)$$

Pentru calculul coeficientului Chezy (C) se pot utiliza diferite formule din literatura de specialitate

In general se recomandă relația lui N.N. Pavlovski: $C = \frac{1}{n} R^y$ sau cazul particular al acestei relații obținută de Manning :

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

La calculele respective, o atenție deosebită trebuie dată stabilirii corecte a coeficientului de rugozitate (n), valoarea sa influențând în mare măsură poziția (cota) suprafeței libere. Astfel considerând y = 0,2 în relația Pavlovski, la o apreciere greșită cu 20% a valorii coeficientului de rugozitate, eroarea pentru nivelul determinat este de 40 cm la o rază hidraulică de 3,40 m și de 80 cm la o rază hidraulică de 6,00 m.

De aceea, ori de câte ori este posibil, coeficientul de rugozitate trebuie determinat pe baza măsurătorilor de teren, efectuându-se o "tarare" a modelului de calcul. Cunoscând elementele morfometrice ale albiei (secțiune, pantă), debitul scurs și nivelul înregistrat la acest debit se poate determina rugozitatea efectivă a albiei.

Valoarea coeficientului de rugozitate, ținând seama de observațiile de la teren se poate stabili pe baza tabelului nr.1

Tabelul 1

VALORILE MEDII ALE COEFICIENȚILOR DE RUGOZITATE (n) PENTRU ALBII

nr. crt.	Caracteristica albiei	n
1	Albii naturale, în condiții foarte bune (curate), rectilinii, albii curate de pământ cu curgere liberă	0,025
2	Albii ale cursurilor permanente de câmpie, în special ale râurilor mari și mijlocii, în condiții normale ale patului și de scurgere.	0,033
3	– Albii, relativ curate, ale râurilor de șes, aflate în condiții normale, sinuoase, cu oarecare neregularități în scurgerea apei, sau râuri rectilinii, având relieful neregulat; – Albii regulate, din pietriș, aflate în bune condiții, în partea lor inferioară – Albii de pământ, ale râurilor periodice (albii uscate) în bune condiții de scurgere	0,040

4	-Albii ale râurilor mari şi mijlocii, puternic înfundate, sinuoase, parţial acoperite cu vegetaţie, albii pietroase cu scurgere neregulată -Albii majore ale râurilor mari şi mijlocii, în stare bună, acoperite cu vegetaţie (iarbă, tufişuri)	0,050
5	-Albii sinuoase ale cursurilor de apă periodice, puternic înfundate. Albii acoperite cu vegetaţie abundentă -Albii majore, în stare rea, acoperite cu vegetaţie abundentă (tufişuri, arbori) şi având mai multe braţe . -Porţiunile cu praguri ale râurilor de câmpie -Albii cu bolovani ale râurilor de munte, având suprafaţa liberă a apei neregulată	0,067
6	-Râuri şi albii majore, abundent acoperite cu vegetaţie, cu scurgere lentă şi cu gropi mari şi adânci. Albii de munte, cu scurgere rapidă, aeraţie şi oglinda apei neregulată (stropi de apă aruncaţi în sus).	0,080
7	-Albii majore, abundent acoperite cu vegetaţie cu scurgere neregulată, golfuri, etc. -Albii de munte, cu cascade, cu patul sinuos alcătuit din bolovani mari, cascade, aeraţie puternică încât apa îşi pierde transparenţa şi capătă culoare albă din cauza spumei; zgomotul apei domină toate celelalte sunete împiedicând convorbirile	0,100
8	-Râuri de tip mlăştinos (vegetaţie, albii din coajă de pământ crăpat, în multe locuri apa aproape stătătoare etc.) -Albii majore păduroase cu spaţii mari ,fără scurgere adâncituri locale, lacuri etc.)	0,133
9	-Torenţi cu albie mobilă, formată din noroi, pietre, etc. -Albii majore fără comunicaţie, în întregime împădurite. Malurile bazinelor naturale	0,200
nr. crt	TIPUL PERETILOR	n
1	Tencuială din ciment curat	0,010
2	Tencuială din ciment cu 1/3 nisip	0,011
3	Zidărie din piatră cioplită. Zidărie din cărămidă foarte bună	0,013
4	Zidărie din cărămidă în condiţii mijlocii, canale din beton în condiţii mijlocii	
5	Zidărie brută din cărămidă, zidărie din piatră necioplită cu suprafaţa bine executată şi cu stratul de fundaţie din piatră, bine aşezat	0,015
6	Zidărie obişnuită din moloane; în stare satisfăcătoare; zidărie veche şi stricată, din cărămidă, betonare neîngrijită	0,017
7	Canale acoperite cu un strat gros şi stabil de mâl; canale în loess compact şi în pietriş compact mărunt, acoperite cu o peliculă continuă de nămol(în plus, găsindu-se în condiţii excepţional de bune)	
8	Zidărie grosieră din piatră, zidărie uscată din pietre mari, pavaj din bolovani. Canale în stâncă bine executate. Canale în loess, pietriş, compact, pământ compact, acoperite cu o peliculă din nămol (în stare normală)	0,020

9	Pavaj din piatră mare, necioplită, cu colţuri pronunţate, canale în stâncă cu suprafaţă mediocru prelucrată, canale în argilă compactă. Canale în loess, pietriş, pământ, acoperite cu o peliculă discontinuă de nămol. Canale mari în pământ, aflate în condiţii bune de întreţinere şi reparaţie	0.0225
10	Canale mari în pământ, în condiţii mijlocii de întreţinere şi reparaţii şi canale mici în condiţii bune. Râuri şi pâraie în condiţii favorabile (curgere liberă, curate şi fără vegetaţie importantă)	0,025
11	Canale în pământ: mari, în condiţii proaste de întreţinere; mici, în condiţii medii	0,0275
12	Canale şi râuri în condiţii relativ rele(de exemplu, parţial acoperite cu ierburi acvatice şi bolovani sau cu iarbă mare având malurile prăbuşite etc.)	0,030
13	Canale şi râuri în condiţii de întreţinere foarte rele şi cu profil neregulat, înfundate considerabil cu pietre, plante acvatice etc.	0,035
14	Idem, în condiţii excepţional de rele, bucăţi de stâncă şi pietre mari în albie, rădăcini dese, surpări şi denivelări, trestie	0,040

Se atrage atenţia că la dimensionarea lucrărilor de amenajare a albiilor, se vor avea în vedere şi condiţiile de funcţionare şi exploatare ale acestora. Astfel, dacă se prevede protejarea (pereerea) secţiunii de scurgere a albiei minore, la alegerea coeficientului de rugozitate, se va avea în vedere acest lucru, la fel, dacă se preconizează că în zona dig-mal se realizează o perdea de protecţie din arbori sau arbuşti.

b)Mişcare permanentă, gradual variată. Albiile cursurilor de apă prezintă de regulă caracteristici variabile de la secţiune la secţiune, în ceea ce priveşte forma acesteia, rugozitatea, panta de curgere.

Formele secţiunii, traseul în plan şi panta longitudinală sunt modelate de însuşi curentul apei prin acţiunea de eroziune şi depunere, existând deci în permanenţă o acţiune reciprocă între curent şi albie.

In cazul mişcării permanente gradual variate a apei în albiile râurilor, ecuaţia continuităţii este de forma:

$$Q = \text{const.},$$

iar ecuaţia dinamicii devine:

$$\frac{dz}{dx} + \frac{d}{dx}\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right) + \frac{Q^2}{K^2} = 0$$

Transcrisă în diferenţe finite pe distanţa între două secţiuni transversale consecutive 1-1 şi 2-2 (fig.11) ecuaţia de mai sus are expresia (ecuaţia de conservare a energiei):

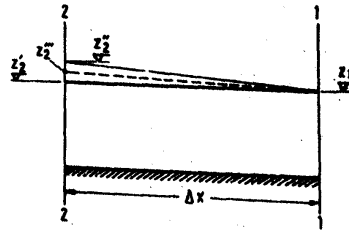


Fig. 11. Schema mişcării gradual variate.

$$z_2+\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}=z_1+\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}+\frac{Q^2}{k_m^2}\cdot\Delta x$$

sau:

$$\Delta Z=z_2-z_1=\frac{\alpha_1 v_1^2-\alpha_2 v_2^2}{2g}+\frac{Q^2}{k_m^2}\Delta x$$

unde:

$$\frac{1}{k_m^2}=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{k_1^2}+\frac{1}{k_2^2}\right)\text{sau}\,k_m=\frac{k_1+k_2}{2}$$

în care k_1 şi k_2 sunt modulii de debit în secţiunile 1–2 şi 2–2 iar k_m este modulul mediu de debit.

In foarte multe cazuri variaţia termenului cinetic se poate neglija în raport cu termenul $\frac{Q^2}{k_m^2}\Delta X$, astfel că ecuaţia de conservare a energiei ajunge la forma :

$$\Delta Z=z_2-z_1=\frac{Q^2}{k_m^2}\Delta X$$

rezultând că panta medie a suprafeţei libere a apei pe sectorul ΔX este egală cu media aritmetică a pantelor de la capetele sectorului de calcul.

Calculul suprafeţei libere a apei cu relaţia de mai sus se efectuează prin încercări succesive:

- la profilul 1–1 se cunoaşte z_1 şi se calculează ω_1 şi k_1^2;
- se admite o cotă $z_2 > z_1$ în profilul 2–2 şi se calculează ω_2 şi k_2
- cu relaţia de mai sus se calculează z_2^*

Dacă $|z_2 - z_2^*| < \varepsilon$ unde ε este toleranţa de neînchidere a calculelor, se consideră cota $z_2 = z_2^*$. Dacă $|z_2 - z_2^*| \geq \varepsilon$ se admite $z_2^* = \frac{z_2+z_2^*}{2}$ şi se refac calculele , ş.a.m.d De obicei $\varepsilon = 1-2$cm Rezultatele calculelor se înscriu într–un tabel în forma de mai jos şi se efectuează pentru toată lungimea râului.

Sectorul	z_1	ω_1	k_1	z_2	ω_2	k_2	K_m	z_2^*
1–2								

Secţiunile de calcul se aleg astfel încât pe acelaşi sector de calcul variaţia mărimilor geometrice să fie cât mai redusă.

Modulele de debit k_1 şi k_2 se calculează separat pentru albia minoră şi separat pentru albia majoră, astfel :

$$k_m=\frac{\omega_m}{n_m}R^{2/3}\ \text{şi}\ k_M=\frac{\omega_M}{n_M}R^{2/3}\ \text{iar}\ k=k_m+k_M$$

De foarte multe ori se întâmplă ca albia minoră să fie puternic meandrată, lungimea firului de curent măsurată pe traseul albiei minore să fie mult mai mare decât lungimea firului de curent măsurată pe direcţia generală a curgerii prin albia majoră (fig.12)

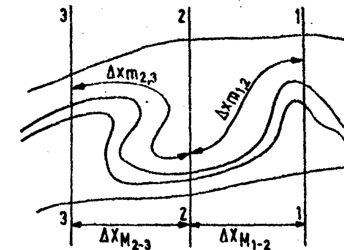


Fig. 12. Albie meandrată.

In aceste cazuri rezistenţele hidraulice în albia minoră sunt mai mari decât în albia majoră. In mod aproximativ, pentru calculul modulului de debit se foloseşte relaţia

$$k_m+k_M\sqrt{\frac{\Delta x_m}{\Delta x_M}}$$

unde

Δx_m este distanţa între secţiunile de calcul măsurate pe traseul albiei minore şi Δx_M este aceeaşi distanţă măsurată pe traseul albiei majore:

$$k_m = \frac{1}{2}(k_{m_1} + k_{m_2}) \quad \text{şi} \quad k_M = \frac{1}{2}(k_{M_1} + k_{M_2})$$

În final se foloseşte relaţia

$$\Delta z = z_2 - z_1 = \frac{Q^2}{2g}\left[\frac{1-\xi}{\omega_1^2} - \frac{1}{\omega_2^2}\right] + \frac{Q^2}{k_m^2}\Delta x$$

unde

$$\omega_1 = \omega_{m_1} + \omega_{M_1} \quad \text{şi} \quad \omega_2 = \omega_{m_2} + \omega_{M_2}$$

iar

$$\xi \cong (0.5 \div 1)\left(\frac{\omega_1}{\omega_2} - 1\right)^2$$

Uneori se mai foloseşte şi relaţia :

$$\Delta z = z_2 - z_1 = \frac{Q^2}{2g}(1-\xi)\left(\frac{1}{\omega_1^2} - \frac{1}{\omega_2^2}\right) + \frac{Q^2}{k_m^2}\Delta x$$

unde $\xi = 0$ pentru albie convergentă şi $\xi = 0.5$ pentru albii divergente.

Se precizează că obţinerea unor rezultate bune depinde în mare măsură de totalul datelor hidrometrice de care se dispune şi îndeosebi de cele referitoare la pantă, rugozitate şi forma albiei.

Distanţa între secţiunile de calcul poate varia de la câteva sute de metri, până la mai mulţi kilometri. Cea mai corectă împărţire, pe tronsoane de calcul (deci numărul secţiunilor transversale de calcul) este cea care ţine seama de uniformitatea pantei.

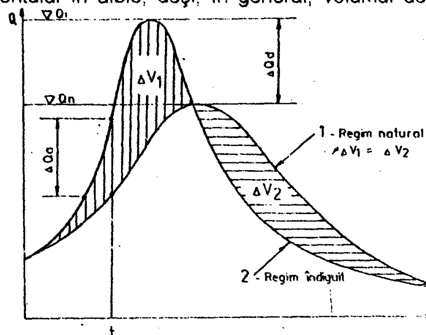
Mişcarea nepermanentă, gradual variată.

Atât în regim natural, cât şi în regim îndiguit, îndeosebi când se pune problema amenajării unor sectoare mari ale cursului de apă cu aport de afluenţi şi albie majoră foarte variabilă, trebuie ţinut seama că mişcarea apei în albia râului are însă un caracter nepermanent, fiind un proces hidraulic spaţial (tridimensional). Deşi direcţia principală de curgere este cea în lungul cursului de apă, apar curenţi transversali importanţi, legaţi în special de schimbul de debite dintre albia minoră şi majoră (revărsări şi retrageri de ape) şi de viteze de curgere mult diferite în albiile majore şi minore.

Pentru un sector scurt al cursului de apă, neinfluenţat de afluenţi, sau obstacole (praguri, poduri etc.), cu diguri continui, prevăzute în imediata vecinătate a malurilor, se pot admite calculele în ipoteza mişcării permanente, gradual variată.

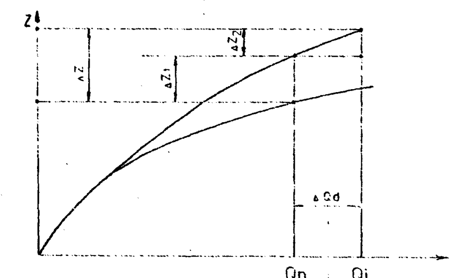
Pentru lungimi mai mari ale cursului de apă la care caracteristicile hidrologice, hidraulice şi morfologice diferă apreciabil în lungul parcursului, cu albia majoră (luncă inundabilă) foarte diferită ca lăţime, calculele pentru determinarea curbei suprafeţei libere a apei în regim natural şi îndiguit nu pot fi realizate corect decât în ipoteza unei mişcări nepermanente, gradual variată.

Se cunoaşte că îndiguirile pot modifica apreciabil regimul de curgere al apelor mari, pe de o parte reducerii secţiunii de scurgere a apelor prin albia majoră, iar pe de altă parte reducerii efectului natural de atenuare pe care îl au în aceste lunci. Ca urmare, forma medie de viitură se modifică faţă de cea naturală, debitul maxim creşte ca şi viteza curentului în albie, deşi, în general, volumul de apă al viiturii rămâne acelaşi (fig. 13).



a). Hidrograful debitelor în aceeaşi secţiune

Q_i – debitul maxim în regim îndiguit; Q_n – debitul maxim în regim natural; ΔQ_d – debitul dezatenuat; ΔQ_a – debitul acumulat la timpul t în regim natural pe suprafaţa îndiguită



b). Cheia limnimetrică

1. Regim natural; 2. Regim îndiguit.

Fig. 13. Modificarea regimului de curgere datorită încorsetării albiei prin îndiguire.

Din figura respectivă se constată că debitul maxim în regim îndiguit este superior celui din regim natural, cu diferenţa Q_d care reprezintă debitul dezatenuat de îndiguire sau debitul atenuat în regim natural pe suprafaţa luncii.

Supraînălţarea la nivel ΔZ, produsă de îndiguire, în raport cu nivelul din regimul natural, are două componente:

- Δz_1, produsă de încorsetarea secţiunii de scurgere;
- Δz_2, produsă de creşterea debitului maxim cu debitul dezatenuat ΔQ

Într-o secţiune oarecare, sporul de debit ΔQ este dat de îndiguirile din amonte de acea secţiune, iar supraînălţările de nivel Δz_1 sunt date de îndiguirile din aval şi din secţiunea respectivă.

In regim de mişcare nepermanentă gradual variată, stabilirea curbei suprafeţei libere se face pe baza ecuaţiilor Saint–Venant:

$$B\frac{\partial z}{\partial x}+\frac{\partial Q}{\partial x}=0$$ ecuaţia continuităţii , B fiind lăţimea medie a secţiunii şi,

$$\frac{\partial z}{\partial x}+\frac{\partial v}{g\partial t}+\frac{v\partial v}{g\partial x}+\frac{Q^2}{k^2}=0$$ ecuaţie dinamică)

Modul de aplicare al acestor ecuaţii este prezentat în literatura de specialitate.

In general, calculul este foarte laborios şi de regulă se folosesc calculatoarele electronice. In acest scop, în cadrul ICPGA s–au elaborat două programe de calcul programul MIPE şi programul UNDA. Primul, determină curba suprafeţei libere a apei prin integrări succesive din aval spre amonte (curba de remuu), cel de al doilea, mai complet, ţine seama şi de atenuarea în albie, forma hidrografului, aportul de debit al afluienţilor.

Pe baza analizei nivelurilor de apă se pot determina suprafeţele inundate în albia majoră la diferite probabilităţi ale debitelor maxime, iar pe baza valorilor vitezelor medii ale apei se poate aprecia amploarea eroziunilor laterale şi de adâncime sau tendinţa de colmatare a albiei naturale. Pentru aceasta se compară vitezele medii ale apei obţinute din calcule cu vitezele medii admisibile pentru diferite terenuri care alcătuiesc patul albiei conform datelor din tabelul nr.2

Tabelul nr.2

VITEZELE MEDII ADMISIBILE DE NEEROZIUNE ALE CURSURILOR DE APĂ

A. Pentru pământuri necoezive

nr. crt	Denumirea pământului	Dimensiunile particulelor de pământ (mm)	Viteza medie admisibilă (m/s) La adâncimea de 1 m	La adâncimea de 3 m şi peste
1	Praf sau mâl	0,005–0,05	0,15–0,21	0,19–0,26
2	Nisip			
	mărunt	0,05–0,25	0,21–0,32	0,26–0,40
	mijlociu	0,25–1,00	0,32–0,57	0,40–0,70
	mare	1,00–2,50	0,57–0,65	0,70–0,80
3	Pietriş			
	mic	2,50–5,00	0,65–0,80	0,80–0,95
	mijlociu	5,00–10,00	0,80–1,00	0,95–1,20
	mare	10,00–15,00	1,00–1,20	1,20–1,40
4	Bolovăniş			
	mic	15,00–25,00	1,20–1,40	1,40–1,80
	mijlociu	25,00–40,00	1,40–1,80	1,80–2,20
	mare	40,00–75,00	1,80–2,40	2,20–3,00
5	Bolovani de râu			
	mici	75,00–100,00	2,40–2,80	3,00–3,40
	mijlocii	100,0–150,00	2,80–3,40	3,40–4,20
	mari	150,0–200,00	3,40–3,90	4,20–4,90
6	Bolovani mari	200,0	3,90	4,90

B. Pentru pământuri coezive

nr. crt	Denumirea pământului	Pământ cu conţinut de particule în % 0,005 mm	0,005–0,065 mm	Viteze medii admisibile în m/s: puţin compact 1,2 — Adâncimea medie a curentului h în m: 1,0	3 şi peste	compactare mijlocie 1,2–0,6: 1,0	3 şi peste	compacte 0,6–0,3: 1,0	3 şi peste	foarte compacte 0.3–0.2: 1,0	şi 3peste
1	Argile	30–50	50–70								
2	Argile nisipoase grele	20–30	70–80	0,40	0.50	0,85	1,10	1,20	1,50	1,70	2,10
3	Argile nisipoase slabe	10–20	80–90	0,40	0,50	0,85	1,10	1,20	1,50	1,70	2,10
4	Pământuri loessoide după terminarea tasărilor	–	–	0,32	0,40	0.70	0,85	1,00	1,30	1,30	1,70

3.3. OBSERVATII: Vitezele admisibile ale curentului pentru adâncimile care nu sunt arătate în tabel, se pot deduce din vitezele admisibile V_o pentru adâncimea de 1,0 m cu ajutorul formulei : $V = h^{0,2}\,Va$ m / s în care h este adâncimea medie a curentului în m

VITEZA MEDIE DE ANTRENARE (după LISTVAN)

Tabelul 8

Nr. crt.	Denumirea pământurilor constructive ale patului albiei	d_{50} mm	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16
1	Nisip fin	0,15	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3
2	Nisip mărunt	0,50	0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
3	Nisip mărgăritar şi nisip mărunt cu pietriş	1,0	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0
4	Nisip mare şi nisip mărgăritar cu pietriş	2,50	1,1	1,3	1,3	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
5	Pietriş cu nisip mare	6,0	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	-
6	Pietriş de râu mărunt	15,0	1,7	1,9	2,1	2,3	2.4	2,6	2,8	3,0	3,2	-
7	Pietriş de râu mijlociu	25,0	2,0	2,3	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	-	-
8	Pietriş de râu mare	60,0	2,5	2,8	3,0	3,2	3,3	3,6	3,9	4,1	-	-
9	Bolovaniş mărunt	140,0	3,0	3,4	3,6	3,8	4,0	4,4	4,6	-	-	-
10	Bolovăniş mijlociu	250,0	3,6	4,0	4,2	4,5	4,7	5,0	5,3	-	-	-
11	Bolovăniş mare	450,0	4,2	4,6	4,9	5,1	5,3	5,7	-	-	-	-
12	Bolovăniş foarte mare	750,0	4,9	5,3	5,6	5,9	6,1	6,4	-	-	-	-
13	Argile şi argile nisipoase de compactitate slabă γ = 1,0 t/m^3		0,89	1,0	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0
14	Argile şi argile nisipoase de compactitate slabă γ = 1,4 t/m^3		1,18	1,3	1,4	1.5	1,6	1,8	1,8	2,1	2,2	-
15	şi argile nisipoase de compactitate mare γ = 1,8 t/m^3		1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	-	-

3.3. DETERMINAREA NIVELURILOR MAXIME PENTRU LUCRĂRILE DE REGULARIZARE CU CARACTER LOCAL

Debitul de calcul fiind stabilit, se aleg cel puţin trei secţiuni caracteristice în sectorul ce poate fi considerat model şi pentru care se face verificarea capacităţii de curgere în regim nemodificat (regim liber), în funcţie de panta de scurgere (i) şi de rugozitatea (n) corespunzătoare pe sectorul studiat (vezi figura 14)

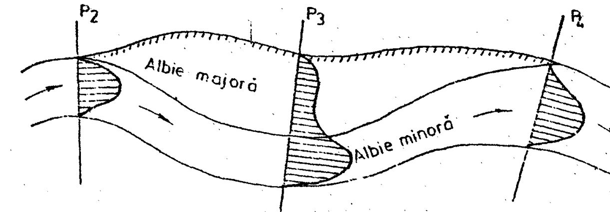


Fig. 14. Sectorul de râu ce se studiază.

Se calculează nivelul apei şi viteza medie în albia minoră şi majoră în regim natural (liber), corespunzător debitului de calcul şi de verificare, precum şi repartiţia debitului între albia minoră şi albia majoră.

Efectuarea calculului hidraulic, se face pe fiecare profil, începând din aval către amonte, astfel :

–în profilul aval (P4) se determină prin încercări nivelul apei care asigură curgerea debitului de calcul şi nivelul corespunzător debitului de verificare, considerând corectă panta hidraulică (i) înregistrată la data ridicării (panta medie la ape mari, sau la ape mici) pe sectorul studiat, sau panta dintre profilul de calcul şi profilul imediat în aval de acest profil.

–cu panta i dedusă ca mai sus şi cu un nivel al apei luat în cota malurilor secţiunii şi ţinând seama de rugozitatea albiei, se determină capacitatea de scurgere a albiei în această secţiune. Dacă debitul obţinut este mai mare sau mai mic decât debitul de calcul se păstrează panta i şi rugozităţile, coborând sau ridicând nivelul apelor până când se obţine debitul de calcul cunoscut

–cu panta (i) corespunzătoare pantei apei de pe tronsonul P4–P3 se transmite nivelul apei de la P4 la profilul următor P3 şi se verifică dacă la acest nivel se asigură debitul de calcul şi debitul de verificare.

In cazul în care debitul scurs la nivelul respectiv prezintă o abatere de +5% sau –2% faţă de debitul cunoscut, se reia calculul, ridicând sau coborând nivelul, deci modificând panta hidraulică (i) până când se obţine debitul cunoscut sau apropiat de acesta, care să se înscrie în abaterile limită.

Calculul se continuă în acelaşi mod şi în profilurile următoare P2 etc.

Nivelul apei în dreptul unui pod, în cazul că nu dispunem de un profil al albiei în zona podului, se stabileşte prin interpolare, ţinând seama de nivelurile apei în profilurile de calcul adiacente şi de panta hidraulică rezultată din calculul între aceste profiluri.

In cazul când profilul longitudinal prezintă pante prea variate de la o secțiune la alta, precum și zone de strangulare, pantele obținute ca mai sus, se corectează cu formula :

$$i = \frac{h_1 - h_2 + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}}{L}$$

unde: h_1 și h_2 sunt cote amonte și aval ale apei față de un plan de referință.

Pe profilul longitudinal al cursului de apă (fig.15) se înscriu nivelurile maxime obținute, pantele (i) și vitezele medii (v_m).

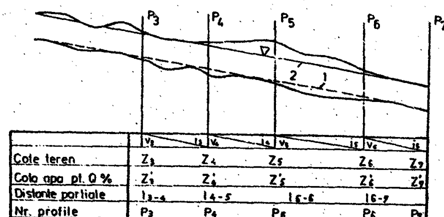


Fig. 15. Profilul longitudinal pe un sector de râu.
1. Linia pantei generale a talvegului;
2. Nivelul în curgere liberă corespunzător lui Q(p%)

In lipsa cheii limnimetrice a cursului de apă și secțiunea de apă caracteristică, se întocmesc chei limnimetrice pentru fiecare secțiune (profil) de calcul, sau pentru secțiunea caracteristică din zonă, pe care se înscriu debitele pentru diferite niveluri ce vor servi la determinarea rapidă a acestora (v. fig.16).

Viteza medie (v_m) a unui curs de apă se consideră egală cu 0,85 din viteza la suprafața liberă a apei (v_o) deci :

$$v_m = v_o \cdot 0,85 \text{ (m/s)}$$

Pentru viteza la fund (v_f) care variază între 0,5...0,8 m, se ia media de 0,7 v_m. Deci:

$$v_f = v_m \cdot 0,7 \text{ (m/s)}$$

sau:

$$v_f = v_o \cdot 0,6 \text{ (m/s)}$$

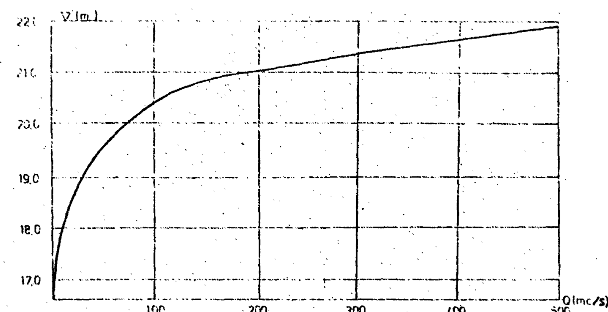


Fig. 16. Cheia limnimetrică.

Sunt situații în care avem nevoie de calcule ajutătoare. Astfel: trecerea de la valoarea unui debit maxim anual cu asigurarea cunoscută (Q_{max}) la valorile debitelor maxime anuale de diverse asigurări/ Q_{max} (p) se face cu relația :

$$Q_{max} (p) = k_p \cdot Q_{max} \text{ (m}^3\text{/s)},$$

în care :

Q_{max} (p) este debitul maxim anual ;
k_p – coeficientul de modul al debitului maxim cu probabilitatea de depășire p%
p – asigurarea în procente

Coeficientul de modul k_p poate fi determinat pe baza relațiilor dintre coeficienții Cs și Cv în care :

Cs – coeficientul de asimetrie al unui șir de debite maxime;
Cv – coeficientul de variație al unui șir de debite maxime

Pentru calculul lui Cs se vor utiliza următoarele relații:
–pentru debitele maxime provenite din topirea zăpezilor Cs = 2Cv,
–pentru debitele maxime provenite din ploi Cs = 4 Cv
–pentru debitele maxime indiferent de geneză Cs = (3...4) Cv

adoptându–se valoarea minimă pentru debitele maxime provenind în majoritate, din topirea zăpezilor și valoarea maximă pentru debitele maxime provenind în majoritatea din ploi (STAS 4068/1–82)

Valorile coeficientului k se recomandă să fie determinate cu tabelele Kritki–Menkel prezentate în continuare.

Pentru râurile mici, nestudiate din punct de vedere hidrologic, trecerea de la frecvența istorică (stabilită pe baza informațiilor de la localnici), la frecvența necesară se face pe baza coeficienților din tabelul 7, considerând coeficienții : Cs = 4Cv și Cv = 1

Tabelul 6

Coeficienții de trecere de la probabilitatea de depășire de la 1% la alte probabilități de depășire (eloaborat de I.M.H.)

Probabilitatea (p%)	Factor	Probabilitatea (p%)	Factor
0,01	3,387	1,0	1,0
0,05	2,224	2,0	0,804
0,1	1,887	3,0	0,683
0,2	1,652	5,0	0,565
0,3	1,416	10,0	0,418
0,5	1,228	20,0	0,289

Tabelul Kritki – Menkel

Valorile coeficienților h_p pentru Cs = 2 Cv

p (%)	Cv											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
0,001	1,49	2,09	2,82	3,68	4,67	5,78	7,03	8,40	9,89	11,58	13.23	15.10
0,01	1,42	1,92	2,51	3,20	3,98	4,85	5,81	6,85	7,89	9,21	10.48	11.80
0,03	1,38	1,83	2,36	2,96	3,64	4,39	5,22	6,11	7,08	8,11	9.72	10.26
0,05	1,36	1,79	2,29	2,85	3,48	4,18	4,95	5,76	6,66	7,60	8.61	9.65
0,1	1,34	1,73	2,19	2,70	3,27	3,89	4,57	5,30	6,08	6,91	7.76	8.65
0,3	1,30	1,64	2,02	2,45	2,91	3,42	3,98	4,55	5,16	5,81	6.47	7.10
0,5	1,28	1,59	1,94	2,33	2,74	3,20	3,68	4,19	4,73	5,30	5.88	6.50
1	1,25	1,52	1,83	2,16	2,51	2,89	3,29	3,71	4,15	4,61	5.06	5.50
3	1,20	1,41	1,64	1,88	2,13	2,39	2,66	2,94	3,22	3,51	5.79	4.05
5	1,17	1,35	1,54	1,74	1,94	2,15	2,36	2,57	2,78	3,00	3.21	3.45
10	1,13	1,26	1,40	1,53	1,87	1,81	1,94	2,96	2,19	2,30	2.41	2.50
20	1,08	1,16	1,24	1.31	1,38	1,44	1,49	1,54	1,58	1,61	1,62	1.62
25	1,07	1,13	1,18	1,23	1,28	1,31	1,34	1,37	1,38	1.39	1.37	1.34
30	1,05	1,09	1,13	1,17	1,19	1,21	1,22	1,22	1,22	1,20	1.18	1.13
40	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,01	0,99	0,96	0,92	0.87	0.81
50	1,00	0,99	0,97	0,95	0,92	0,88	0,84	0,80	0,75	0,69	0.64	0.58
60	0,97	0,94	0,90	0,85	0,80	0,75	0,69	0,63	0,57	0,51	0.45	0.40
70	0,95	0,89	0,82	0,76	0,69	0,62	0,55	0,49	0,42	0,36	0.31	0.26
80	0,92	0,83	0,75	0,66	0,57	0,49	0,42	0,35	0,28	0,22	0.17	0.15

p %	Cv											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
90	0,87	0,75	0,64	0,53	0,44	0,35	0,27	0,21	0,15	0,11	0,07	0,05
95	0,84	0,70	0,56	0,45	0,34	0,25	0,18	0,13	0,08	0,05	0,03	0,02
97	0,82	0,60	0,52	0,39	0,29	0,20	0,14	0,09	0,05	0,03	0,02	0,01
99	0,78	0,59	0,44	0,31	0,21	0,13	0,08	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00
99,5	0,76	0,56	0,40	0,27	0,17	0,10	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00
99,9	0,72	0,49	0,32	0,19	0,11	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabelul nr.4

Tabel Kritki – Menkel
Valorile coeficienților hp pentru Cs = 3 Cv

p %	Cv											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
0,001	1,40	2,28	3,35	4,69	6,30	8,21	1,042	12,86	15,52	18,28	21,30	24,60
0,01	1,42	2,06	2,88	3,78	5,00	6,28	7,70	9,21	11,00	12,89	14,85	16,86
0,03	1,39	1,99	2,62	3,41	4,34	5,48	6,59	7,74	9,14	10,64	12,24	13,83
0,05	1,36	1,88	2,50	3,23	4,10	5,06	6,07	7,1	8,32	9,66	11,02	12,43
0,1	1,35	1,80	2,36	3,00	3,75	4,56	5,45	6,31	7,33	9,43	9,54	10,58
0,3	1,31	1,69	2,12	2,64	3,22	3,82	4,44	5,11	5,84	6,62	7,40	8,21
0,5	1,29	1,63	2,02	2,48	3,00	3,50	4,00	4,58	5,21	5,85	6,50	7,16
1	1,25	1,55	1,88	2,25	2,66	3,07	3,49	3,92	4,40	4,88	5,37	5,85
3	1,21	1,42	1,67	1,91	2,17	2,42	2,70	2,94	3,22	3,47	3,74	3,99
5	1,17	1,36	1,54	1,75	1,94	2,14	2,35	2,51	2,70	2,89	3,05	3,23
10	1,14	1,26	1,39	1,52	1,63	1,76	1,87	1,97	2,09	2,15	2,24	2,31
20	1,09	1,16	1,23	1,29	1,33	1,38	1,42	1,45	1,47	1,49	1,49	1,50
25	1,07	1,12	1,17	1,21	1,23	1,26	1,27	1,29	1,28	1,28	1,27	1,27
30	1,05	1,09	1,12	1,14	1,15	1,15	1,16	1,15	1,14	1,15	1,11	1,08

40	1,02	1,03	1,03	1,03	1,01	0,00	0,97	0,95	0,91	0,88	0,85	0,81
50	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,86	0,82	0,78	0,74	0,70	0,66	0,61
60	0,97	0,93	0,89	0,84	0,79	0,74	0,69	0,65	0,60	0,55	0,50	0,46
70	0,94	0,88	0,82	0,76	0,70	0,64	0,58	0,53	0,47	0,42	0,37	0,33
75	0,93	0,86	0,79	0,72	0,65	0,58	0,52	0,47	0,41	0,35	0,31	0,27
80	0,91	0,83	0,75	0,67	0,60	0,53	0,47	0,41	0,36	0,31	0,26	0,22
90	0,97	0,76	0,60	0,57	0,48	0,41	0,34	0,29	0,24	0,19	0,16	0,12
95	0,84	0,71	0,59	0,49	0,41	0,33	0,24	0,21	0,17	0,13	0,10	0,07
97	0,83	0,68	0,55	0,45	0,36	0,28	0,22	0,17	0,13	0,10	0,07	0,05
99	0,79	0,62	0,48	0,37	0,29	0,21	0,16	0,12	0,08	0,06	0,04	0,03
99,5	0,77	0,59	0,45	0,34	0,25	0,18	0,12	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02
99,7	0,70	0,57	0,43	0,31	0,23	0,16	0,12	0,08	0,05	0,03	0,02	0,01
99,9	0,73	0,53	0,38	0,27	0,19	0,13	0,09	0,06	0,03	0,02	0,01	0,01

Tabel nr 5

Tabelul Kritki – Menkel
Valorile coeficienților kp pentru Cs = 4 Cv

p %	Cv											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
0,001	1,58	2,50	3,82	5,60	8,10	11,00	14,20	17,50	20,60	24,00	27,50	32,90
0,01	1,51	2,20	3,15	4,35	5,90	7,70	9,57	11,40	13,55	15,60	17,65	20,71
0,03	1,45	2,05	2,87	3,85	5,05	6,35	7,81	9,15	10,70	12,25	13,70	15,99
0,05	1,40	1,97	2,72	3,60	4,70	5,75	7,00	8,20	9,46	10,90	12,10	13,99
0,1	1,38	1,87	2,53	3,29	4,20	5,07	6,05	7,02	8,12	9,25	10,42	11,65
0,3	1,34	1,73	2,23	2,81	3,45	4,09	4,76	5,46	6,18	6,94	7,71	8,53
0,5	1,30	1,67	2,10	2,60	3,13	3,69	4,25	4,81	5,38	6,02	6,65	7,31
1	1,25	1,58	1,94	2,34	2,77	3,17	3,59	4,01	4,43	4,90	5,35	5,82
3	1,19	1,43	1,67	1,92	2,18	2,44	2,57	2,90	3,12	3,35	3,60	3,84

5	1,17	1,36	1,55	1,75	1,93	2,11	2,28	2,45	2,60	2,77	2,92	3,07
10	1,11	1,26	1,38	1,51	1,61	1,72	1,82	1,90	2,00	2,05	2,12	2,18
20	1,08	1,15	1,21	1,26	1,31	1,34	1,37	1,40	1,41	1,42	1,43	1,43
25	1,06	1,11	1,16	1,19	1,21	1,23	1,23	1,24	1,25	1,24	1,24	1,22
30	1,06	1,08	1,10	1,12	1,13	1,13	1,12	1,12	1,10	1,09	1,07	1,06
40	1,02	1,03	1,02	1,01	0,99	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85	0,81
50	0,99	0,98	0,95	0,92	0,89	0,85	0,82	0,76	0,75	0,71	0,67	0,63
60	0,97	0,93	0,89	0,84	0,79	0,75	0,70	0,66	0,62	0,57	0,53	0,49
70	0,94	0,88	0,82	0,76	0,71	0,65	0,60	0,55	0,50	0,46	0,42	0,38
75	0,93	0,86	0,79	0,72	0,66	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,37	0,32
80	0,91	0,83	0,75	0,68	0,61	0,55	0,50	0,45	0,40	0,36	0,31	0,27
90	0,88	0,77	0,67	0,59	0,51	0,44	0,38	0,33	0,29	0,25	0,21	0,18
95	0,85	0,72	0,61	0,52	0,44	0,37	0,32	0,26	0,22	0,18	0,15	0,12
97	0,83	0,69	0,58	0,48	0,40	0,35	0,27	0,23	0,18	0,15	0,12	0,10
99	0,80	0,64	0,52	0,42	0,34	0,27	0,22	0,17	0,14	0,11	0,08	0,06
99,5	0,78	0,61	0,49	0,39	0,30	0,24	0,19	0,15	0,11	0,08	0,06	0,05
99,7	0,77	0,60	0,47	0,37	0,29	0,22	0,17	0,13	0,10	0,07	0,05	0,04
99,9	0,75	0,56	0,43	0,33	0,25	0,19	0,14	0,10	0,08	0,05	0,04	0,03

3.4. DETERMINĂRI HIDRAULICE ÎN SECȚIUNI STRANGULATE

În albiile cursurilor de apă în care prezența sau prevederea unor lucrări de apărare reduc secțiunea de curgere, schimbă morfologic patul albiei și modifică nivelul debitului de calcul, sunt necesare determinări hidraulice referitoare la:

- calculul afuierilor,
- calculul supraînălțărilor de nivel.

Recomandările se referă în special la lucrările de apărare, consolidare și dirijare și nu la poduri și podețe, unde calculele enunțate se tratează conform Normativului PD 95–77'52.

Afuierile se calculează la cursurile de apă cu patul și malurile erodabile, în zonele unde se prevăd lucrări de apărare, consolidare și dirijare. Acest fenomen se produce în cazul în care viteza din secțiunea strangulată este mai mare decât viteza medie de antrenare dată în tabelul 8 și 7.3.

Afuierea maximă totală este alcătuită din:

– *afuierea generală și afuierea locală.*

Afuierea generală.

La albiile erodabile și instabile la care nu se iau măsuri speciale pentru protecția împotriva afuierii sau de stabilitate a malurilor, se pot produce în timp, modificări ale poziției albiei minore, astfel încât afuierea generală ar putea atinge valoarea maximă determinată ca pentru albia minoră.

a) Calculul afuierii generale se face cu relația:

$$E = \frac{h_{af}}{h} = \frac{v_{mp}}{v_m};$$

$$h_{af} = \frac{v_{mp}}{v_m} \cdot h = E \cdot h$$

dacă:

$$v_{mp} > v_m$$

unde:

E – este coeficientul de afuiere generală medie;

h_{af} – adâncimea apei în punctul respectiv, după producerea afuierii generale;

h – adâncimea medie a apei într-un punct oarecare al secțiunii de curgere, înainte de afuiere;

v_{mp} – viteza medie a apei în albia minoră în secțiunea lucrării, înainte de producere afuierii;

v_m – viteza medie a apei în albia minoră.

b) Cu această relație se poate calcula linia afuierii albiei și afuierea generală maximă, care se obține din diferența dată de relația:

$$h_{af\,max} - h_{m\,max} = \text{af. gener. max.}$$

unde

$h_{af\,max}$ este adâncimea maximă a curentului după afuiere.
$h_{m\,max}$ este adâncimea medie maximă inițială a curentului.

c) La cursurile de apă cu albie erodabilă, valoarea coeficientului E de afuiere generală limită se recomandă să nu depășească 1,4 ÷ 1,5 pentru evitarea unor construcții de apărare și dirijare costisitoare.

În cazul albiilor la care creșterea adâncimii apei în albia minoră, ca urmare a afuierilor generale, este mică (0,5....0,8 m) se poate depăși valoarea coeficientului E de mai sus.

Afuierea locală.

Calculul afuierilor locale (afl) la pilele podului se face în ipoteza că afuierile generale s–au produs la viiturea maximă.

Adâncimea maximă a afuierilor locale (h_{afl}) la pilele podului se calculează aproximativ cu formulele de mai jos:

– când $v < v_a$

$$afl = 2{,}42 \cdot k_f \cdot k_\alpha \cdot b\left(\frac{2v}{v_a}-1\right)\cdot\left(\frac{v_a^2}{g\cdot b}\right)^{\frac{1}{3}}$$

–când $v \geq v_a$

$$afl = 2{,}42 \cdot k_f \cdot k_\alpha\left(\frac{v_a^2}{g\cdot b}\right)^{\frac{1}{3}}$$

unde:

b – lățimea pilei;
v – viteza curentului în amonte de pilă în albia naturală a cursului de apă (m/s);
v_a– viteza medie de antrenare a aluviunilor de pe patul albiei, la adâncimea corespunzătoare afuierilor generale ;
k_f – coeficientul care ține cont de forma pilei în secțiune transversală (fig. 17);
k_α – coeficientul care ține seama de unghiul de incidență al curentului cu pila (fig. 18);
g – accelerația gravitațională.

Calculul afuierilor locale nu se face în cazul în care se prevăd lucrări de consolidare a patului albiei (pereuri, saltele de gabioane, radiere de beton, etc.) . La calculul afuierilor locale din zona pilelor , în formulele de mai sus se consideră lățimea pilei b = 1 m, iar viteza, egală cu viteza medie a apei în dreptul culeii.

Afuierile totale rezultă din însumarea afuierilor generale și locale:

$$af_t = af_g + af_l$$

Fig. 17 Valoarea coeficientului k_f

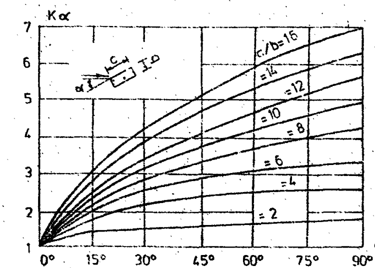


Fig. 18 Coeficientul k_α

Calculul aproximativ al supraînălțării de nivel se face cu relația, aplicată pentru albia minoră:

$$\Delta z = \frac{v_{mp}^2 - v_m^2}{2g}$$

admițând că remuul se produce înaintea afuierilor, unde:

Δz – supraînălțarea de nivel (m);
v_{mp} – viteza medie a apei în albia minoră, în secțiunile lucrării (pod, epiu, etc.) în m/s;
v_m – viteza medie a apei în albia minoră, în regim natural (m / s).

La stabilirea cotelor rampelor de acces la pod, se va ține seama de influența supraînălțării.

Lungimea L_z pe care se întinde supraînălțarea de nivel, se determină aproximativ și acoperitor cu relația:

$$L_z = \frac{2\Delta z}{i}$$

în care

L_z – distanța pe care se întinde supraînălțarea de nivel (m);

Δz – variația de nivel (m);

i – panta suprafeței libere a apei corespunzătoare debitului pentru care s–a calculat supraânălțarea Δz.

a) Se poate admite că valoarea maximă a supraânălțarii se produce în amonte, la o distanță egală cu aproximativ 2,5 b (b fiind lățimea albiei acoperită de pod între fețele culeelor, față de axa podului);

b) Pentru ușurința calculului, suprafața liberă a apei pe zona pe care se produce supraânălțarea de nivel se poate lua plană;

c) În funcție de valoarea supraânălțării, lungimea L_z prezintă importanță în cazul unor obiective care nu trebuie să fie inundate sau, în cazul râurilor îndiguite, la care digurile trebuiesc supraânălțate

Verificarea debitului scurs prin secțiunea lucrării, pentru o supraânălțare de nivel Δz dată, se poate face cu formula dată de Ruhlmann:

$$Q = \mu \cdot b\sqrt{2g}\left\{\frac{2}{3}\left[(\Delta z + k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}}\right]\right\} + h\sqrt{\Delta z + k} \quad (m/s)$$

unde:

μ – coeficientul de reducere a ariei secțiunii active de curgere în albia minoră datorită contracției hidraulice produse de infrastructură (s) și strangulării geometrice datorat pilelor (e);

b – lungimea podului (între fețele culeelor), în m;

$$k = \frac{v_m^2}{2g}$$

h – înălțimea medie a lamei de apă în secțiunea lucrării în regim modificat.

4. PROIECTAREA LUCRĂRILOR DE AMENAJARE A ALBIEI MINORE

4.1. RELAȚII MORFOMETRICE

4.1.1. Curentul de apă caracterizat printr–un anumit regim de curgere, generează o evoluție continuă a albiei râurilor, generează procese de albie cu intensitate mai mare sau mai mică în funcție de intensitatea factorilor climatici și de caracteristicile geofizice ale terenului pe care are loc scurgerea.

Observațiile și măsurătorile efectuate, au arătat că între parametrii hidraulici și cei geometrici ai albiilor formate într–un pat aluvionar și relativ stabilizate, există anumite legături de corelație numite *relații morfometrice*. Aceste relații morfometrice prezintă o deosebită importanță pentru practica hidrotehnică, întrucât stau la baza fenomenelor morfologice și a dimensionării lucrărilor de regularizare a albiilor râurilor.

Până în prezent obținerea relațiilor morfometrice a fost pur empirică, neexistând încă o teorie care să explice fenomenul formării albiilor râurilor într–un pat aluvionar.

Această metodă de obținere a relațiilor morfometrice este cunoscută în literatura de specialitate sub denumirea de *teoria regimului*. Râurile care se încadrează în această teorie sunt acelea care au un regim hidrologic stabil și ale căror albii s–au format în propriile lor aluviuni. Un râu aflat în *regim* nu prezintă variații importante ale dimensiunilor în lungul său, găsindu–se în stare de echilibru și nu pot apare înisipări sau eroziuni. Nu se încadrează în teoria regimului, râurile a căror curgere este influențată de diferite amenajări executate în bazinele hidrografice respective.

Profilele apelor mari, cu albii majore foarte late, nu sunt profile de curgere cu caracter continuu și de aceea nu pot fi luate în considerare.

Debitul de calcul ce se ia în considerare în relațiile respective este ales după criterii diferite, astfel că poate fi:

- debitul care umple albia minoră;
- debitul mediu multianual, dacă transportul aluviunilor târâte începe sub acest debit;
- debitul maxim de calcul;
- debitul ideal sau debitul de formare prezentat în prima parte.

La utilizarea debitelor este recomandabil să se ia debitele cu frecvența dată de autorii respectivi, altfel rezultă cu totul alte valori decât cele normale, reale.

După L. B. Leopold și T. Maddock relațiile morfometrice au o formă exponențială de tipul:

$h = A_h Q^{\alpha}$ – adâncimea medie a apei,

$b = A_b Q^{\beta}$ – lățimea medie a albiei,

$I_f = A_f Q^{\gamma}$ – panta medie a fundului albiei,

$u = A_u Q^{\delta}$ – viteza medie de curgere,

$G_f = A_g Q^{\varepsilon}$ – debitul târât,

$G_s = A_s Q^{\eta}$ – debitul în suspensie,

$k = A_k Q^{\mu}$ – coeficientul de rugozitate (Strickler) și pe baza ecuației de continuitate,

$A_h A_b A_u = 1$ și $\alpha + \beta + \delta = 1$.

Dintre relațiile morfometrice care se pot utiliza cu succes în practică pot fi citate cele ale lui D. B. Simmens și M. L. Albertson, care pentru fundul nisipos al albiei și maluri coezive au următoarele expresii:

$$P = 4{,}75Q^{0{,}512};\ R = 0{,}476 \cdot Q^{0{,}361};\ \mu = 10{,}8 \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/3};\ \frac{C^2}{g} = \frac{u^2}{gRI} = 0{,}525\left(\frac{ub}{\nu}\right)^{0{,}37}$$

pentru fund și maluri nisipoase:

$$u = 9{,}35 \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/3}$$

pentru fund şi maluri din material grosier necoeziv:

$$R = 0{,}366 \cdot Q^{0.361} \quad ; \quad u = 10{,}8\left(R^2 I\right)^{0.286}$$

4.1.2. RELAŢII BAZATE PE ECHILIBRU LIMITĂ AL PARTICULELOR DE FUND

În aceste relaţii se foloseşte coeficientul de stabilitate al albiei care reprezintă raportul dintre diametrul mediu al particulelor şi produsul dintre raza hidraulică şi pantă.

$$A = \frac{d_m}{RI}$$

Relaţiile morfometrice bazate pe echilibru limită al particulelor de fund sunt:

$$h = A_1^{-0,23} \cdot A_2^{-0,46} \cdot A_3^{0,46} \cdot Q^{0,46} \quad (m)$$

$$B = A_1^{-0,25} \cdot A_2^{-0,46} \cdot A_3^{-0,54} \cdot Q^{0,46} \quad (m)$$

$$u = A_1^{0,46} \cdot A_2^{0,92} \cdot A_3^{0,8} \cdot Q^{0,58} \quad (m/s)$$

unde:

B este lăţimea albiei, $A_1 = hI$; $A_2 = uhR^{-2/3}I^{-1/2}$ şi $A_3 = \frac{h}{B}$, iar $Q \cong uhB$

4.1.3. RELAŢII BAZATE PE DISIPAREA ENERGIEI CIRCULAŢIEI TRANSVERSALE

S. T. Altunin şi I. A. Buzunov recomandă relaţia

$$B = AQ^{0,5}I^{-0,2} \quad ; \quad h = \frac{1}{a}B^m$$

Elementele albiei stabile după S. T. Altunin şi I. A. Buzunov se găsesc în tabelul 9 şi 10, unde debitul de calcul este Q_f cu asigurarea de 5 – 10 %. În cazul că se foloseşte alt debit decât Q_f, atunci se utilizează în locul coeficientului A, coeficientul de corecţie dat de relaţia:

$$A_m = A\sqrt{\frac{u_{01}M}{u_{01}m}}$$

Tabelul 9.

VALORILE COEFICIENTILOR DE STABILITATE A ALBIEI DUPĂ S. T. ALTUNIN ŞI I. A. BUZUNOV

Nr crt	Feful albiei	A	m	a	m pentru a=10	a pentru m=0,5
1	Cursul superior al râului în regiune muntoasă	0,7 – 0,9	1,0 – 0,8	16 – 10	0,9 – 0,8	2 – 3
2	Idem, regiune de deal la ieşirea râului în şes	0,9 – 1,0	0,8 – 0,67	10 – 9	0,8 – 0,75	3 – 5
3	Cursul mijlociu al râului (zona de şes)	1,0 – 1,1	0,57 – 0,5	9 – 5	0,75 – 0,7	4 – 5
4	Cursul inferior al râului	1,1 – 1,3	0,57 – 0,5	4,1 – 3	0,75 – 0,5	2,7 – 10

Tabelul 10.

ELEMENTELE ALBIEI STABILE DUPĂ ALTUNIN ŞI BUZUNOV

$\alpha = \frac{1}{2+h}$	Panta stabilă *I*, în %	Lăţimea *B* la oglinda apei în m.	Adâncimea medie *h* în m.	Viteza medie *u* în m/s
$\frac{1}{5}$	$I = 0,00192\frac{A^{0,563}u_{01}^{3,26}}{Q^{0,326}}$	$B = A\frac{Q^{0,5}}{I^{0,2}}$	$h = 0,732\frac{u_{01}^{10/3}}{(1000I)^{10/9}}$	$u = u_{01}h^{1/5}$
$\frac{1}{4}$	$I = 0,00163\frac{A^{0,563}u_{01}^{3,21}}{Q^{0,268}}$	IDEM	$h = 0,685\frac{u_{01}^{4}}{(1000I)^{2}}$	$u = u_{01}h^{1/4}$
$\frac{1}{3}$	$I = 0,00123\frac{A^{0,310}u_{01}^{3,15}}{Q^{0,154}}$	IDEM	$h = 0,565\frac{u_{01}^{6}}{(1000I)^{2}}$	$u = u_{01}h^{1/3}$

4.1.4. RELAŢII MORFOMETRICE PENTRU CANALE ARTIFICIALE

Dintre multiplele relaţii de calcul pentru canale artificiale cităm pe cele ale lui G. Lacey care în urma unor studii şi măsurători efectuate în India şi Pakistan, prezintă următoarele relaţii:

$f = 1{,}58 d_m^{0,5}$ – factorul de înnămolire, d_m în mm

$P = (4,1 \div 4,8)Q^{0,5}$ – perimetrul muiat (m)

$I = \frac{f^{5/3}}{3,2 \cdot 10^{3} Q^{0,5}}$ – panta fundului

$R = 0,47 f^{-1/3} Q^{1/3}$ – raza hidraulică (m)

4.2 ELEMENTELE CARACTERISTICE ALE ALBIEI MINORE STABILE

4.2.1. NIVELUL DE REGULARIZARE

Acest nivel se stabileşte în legătură cu unul din debitele caracteristice:
- regularizarea pentru debitele medii;
- regularizarea pentru debitele apelor mici;
- regularizarea pentru debitele apelor mari;

Deasemeni în proiectare se iau în considerare şi nivelurile minime, medii şi maxime pentru curgerea gheţarilor, nivelurile minime din perioada de vegeteţie, nivelul de formare a albiei, etc.

4.2.2. TRASEUL DE REGULARIZARE

Pornind de la ecuaţiile hidraulicii şi de la unele relaţii morfometrice, traseul meandrat al albiilor râurilor corespunde principiului energiei disipate minime sau principiului debitului maxim. Traseul de regularizat este strâns legat de panta disponibilă şi de natura terenului şi este determinat de linia talvegului.

În funcţie de intensitatea şi natura intervenţiilor se studiază, de la caz la caz, soluţiile referitoare la traseul în planul orizontal al albiei minore şi anume:

a) *Regularizarea locală.*
În acest caz se obişnuieşte să se menţină traseul existent, acţionându-se în vederea stabilizării fundului şi malurilor secţiunii de curgere. Uneori sunt necesare şi rectificări ale albiei, pe un nou traseu, de mică lungime şi în general obligat de amplasamentul construcţiilor.

b) Regularizarea conservativă, constă în aceea că albia amenajată urmăreşte în general traseul albiei naturale şi păstrează elementele hidraulice şi morfometrice ale acesteia. Şi aici, lucrările necesare se referă îndeosebi la stabilizarea malurilor, local putând interveni rectificări ale traseului, în cazul unor meandre pronunţate.

Un caz particular al regularizării conservative îl constituie *calibrarea albiei minore,* prin care se urmăreşte (menţinându-se traseul existent) mărirea capacităţii de transport a acesteia.

Soluţia se are în vedere îndeosebi în cazul în care cursul de apă se îndiguieşte, digurile fiind amplasate în apropierea malurilor urmărindu-se de regulă două scopuri.
- mărirea capacităţii de curgere, în vederea reducerii înălţimii digurilor, preluându-se astfel o parte din efectul de dezatenuare al acestora;
- obţinerea volumului de terasamente necesare realizării digurilor.

Din experienta unor astfel de lucrări realizate până în prezent se consideră că această solutie este mai putin indicată deoarece
- mărirea capacităţii de curgere a albiei minore este destul de redusă, fiind mai avantajos de a depărta digurile de mal.
- prin reprofilarea sectiunii existente se distruge aproape total consolidarea naturală a malurilor, mărindu-se pericolul de erodare şi deci apare necesitatea realizării unor protectii de mal, lucrări în general costisitoare;
- având în vedere caracteristicile albiei minore (lăţimea şi adâncimea), practic la cursurile de apă mai mari cu utilajele obişnuite, nu se poate acţiona decât în apropierea malurilor, astfel în consecinţă, capacitatea de transport creşte foarte puţin.

Din aceste motive calibrarea albiei minore reprezintă de cele mai multe ori *nu o soluţie constructivă, justificată hidraulic, ci o soluţie tehnologică* pentru realizarea digurilor, dar care poate conduce la implicaţii mari asupra stabilităţii cursurilor de apă

Din aceste motive, calibrarea albiei minore trebuie să fie realizată numai în situaţii obligate (ca de exemplu în cazul spaţiului insuficient pentru realizarea digurilor) şi , in general , la cursurile mici de apă, puternic colmatate prin reprofilarea secţiunii nu se realizează viteze de curgere mai mari de 1,2 – 1,5 m/s care pot provoca fenomene de eroziune.

c) Regularizarea radicală constă în realizarea în cea mai mare parte a unei albii noi, care modifică total sau parţial elementele hidraulice şi morfometrice ale albiei naturale. În această situaţie intervine de fapt analiza variantelor posibile, urmărindu-se realizarea unui traseu stabil.

În plan, traseul albiei regularizate este alcătuit din curbe şi contracurbe, legate între ele prin aliniamente cât mai scurte. Traseul în curbă poate avea diferite forme (mâner de coş, parabolă, etc.), în practică utilizându-se de cele mai multe ori o singură rază curbură.

Traseul stabil al albiei regularizate se alege respectând relaţiile:

$$r = (5...6)B$$

$$L = c\,B$$

în care L reprezintă distanţa dintre două curbe, L – lăţimea albiei, iar c – coeficient cu valoarea cuprinsă între 10 – 14, r – reprezintă raza de curbură a axului albiei.

Pentru majoritatea râurilor stabile din ţara noastră, raportul r / B are valori apropiate de 5 – 6 .

Traseul regularizat trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:
- traseul în plan al albiei minore va urmări pe cât posibil traseul existent al cursului de apă, sprijinindu-se pe malurile înalte stabile, pe lucrările existente, etc. (regularizarea conservativă);
- dacă condiţiile de temă o cer, traseul albiei va putea fi abătut de la cel existent (regularizare radicală), atât pentru satisfacerea cerinţelor generale de regularizare cât şi pentru a îmbunătăţii condiţiile de amplasare şi exploatare a obiectivelor riverane sau de folosinţă a terenurilor agricole. Oportunitatea unei astfel de soluţii se va stabili pe baza unei analize tehnico – economice;
- traseul adoptat trebuie racordat corespunzător, din punct de vedere hidraulic şi constructiv cu sectoarele de la extremitaţile amonte şi aval, precum şi cu afluenţii de pe parcurs, ţinându-se seama atât de lucrările existente cât şi de posibilităţile de regularizare în viitor a acestora;

– traseul albiei minore nu trebuie să fie mult mai sinuos decât traseul general al albiei majore, prin care curg apele mari, pentru a nu se produce împotmoliri sau eroziuni puternice în albia minoră;

– la definitivarea traseului albiei regularizate se va ţine seama de existenţa unor balastiere, gropi de împrumut, care se vor încadra convenabil in traseul general de regularizare, prevăzându–se lucrări de terasamente şi apărări de mal necesare.

Relaţiile morfometrice prezentate anterior necesită precizarea coeficienţilor morfometrici pe baza unor măsurători pe sectoare de albie stabile.

Fig. 19. Traseul sinuos al unui curs de apă; vedere în plan şi profil longitudinal.

Fig. 20. Traseul albiei regularizate (Altunin)

4.3.2. PROFILUL LONGITUDINAL AL ALBIEI REGULARIZATE

În lungul râurilor, acţiunea curentului de apă de a eroda patul albiei se manifestă diferit, datorită vitezei medii diferite pe care o are. Pe cursul superior, unde panta longitudinală este mai mare şi viteza curentului este mai mare, exsistă tendinţa de adâncire a albiei, în schimb pe cursul inferior, unde panta este mică, există tendinta de

depunere a aluviunilor transportate şi deci tendinţa de ridicare a fundului albiei. Pe cursul mijlociu se constată o oarecare menţinere a patului albiei la aceeaşi cotă.

a) *Criteriul de stabilitate locală*

Stabilitatea locală a profilului longitudinal al albiei unui curs de apă se obţine în acele secţiuni în care efortul de antrenare al aluviunilor de către curent se găseşte într–un anumit raport faţă de efortul de antrenare a aluviunilor.

Dacă energia disponibilă a curentului este mai mare decât energia necesară transportării debitului solid târât venit din amonte pe sectorul respectiv, se vor produce eroziuni şi deci fundul albiei va coborâ. Invers, dacă energia disponibilă a curentului este mai mică, se vor produce depuneri de aluviuni. Deci sectorul considerat se află în echilibru dacă debitul târât este maxim, la o capacitate de transport dată a curentului de apă.

Ca urmare, criteriul de stabilitate locală a albiilor râurilor este:

$\tau \cong 10\tau_{cr}$ – albii stabile;

$\tau \neq 10\tau_{cr}$ – albii instabile;

– depuneri, ridicarea fundului albiei,

– eroziuni, coborârea fundului albiei.

sau:

$v \cong 2v_{cr}$ – albii stabile

$v \neq 2v_{cr}$ – albii instabile

unde:

$$v_{cr} = a \cdot \sqrt{g\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \cdot d} \cdot \left(\frac{R}{d}\right)^m$$

în care:

$m = \frac{1}{4} \div \frac{1}{6}$ frecvent $m = \frac{1}{6}$

$a = 1,3 \div 1,4$ pentru $d = 0,2 \div 0,25$ mm

$a = 1,2$ pentru $0,25$ mm $< d < 0,7$ mm

$a = 1,0$ pentru $d > 0,7$ mm

$d = d_{90}$ sau d_{95}

R – raza hidraulică

γ_s – greutatea specifică a aluviunilor

γ – greutatea specifică a apei.

b) *Criteriul de stabilitate generală*

Acest criteriu se materializează printr-o relație morfometrică de forma:

$$Q = \frac{const.}{i^n}$$

care reprezintă o asimptotă către care tinde profilul longitudinal al albiilor râurilor și unde $n < 1$ (după diverși autori $n = 0,35 \div 1,00$).

c) *Reguli de proiectare a profilului longitudinal al albiei regularizate*

Așa după cum am văzut mai înainte, de relugă profilul longitudinal al unui curs de apă are formă parabolică cu panta descrescând spre aval. La stabilirea profilului longitudinal al albiei regularizate trebuie să se țină seama de următoarele reguli:

– trebuie avute în vedere cotele obligate ale fundului albiei cum ar fi confluențele, precum și cotele impuse de viitoarele lucrări de amenajare (captări de apă, poduri, canale, căderi, traversări de conducte subterane, etc.);

– necesitatea de asigurare prin adoptarea unor cote și pante corespunzătoare în vederea asigurării curgerii debitelor lichide și solide fără inundarea terenurilor agricole, așezărilor omenești sau a obiectivelor economice riverane, fără transformări apreciabile în morfologia albiei la orice nivel de apă;

– influența asupra stratului de apă subterană.

Coborârea liniei fundului albiei regularizate sub cel al albiei naturale, prin săpături sau eroziunea de către curentul de apă (autodragaj) poate fi utilizată ca măsură de reducere a costului îndiguirii și îmbunătățirii curgerii apelor mari sub poduri etc.

În cazul unor albii cu panta longitudinală mare, care determină viteze de curgere ce depășesc vitezele critice de antrenare, trebuiesc luate măsuri de consolidare a fundului albie cu saltele de fascine, anrocamente, traverse sau se reduce panta prin realizarea de praguri de fund și trepte de cădere.

În acest sens trebuie tratată cu toată atenția problema tăierilor de meandre în care dacă se exagerează și nu se prevăd lucrări de consolidare corespunzătoare, se poate compromite întreaga lucrare de regularizare.

La proiectarea profilului longitudinal al albiei regularizate în aval de lacurile de acumulare sau în zona exploatărilor de balast, este necesar să se țină cont de faptul că linia fundului albiei coboară datorită fenomenului de eroziune.Pentru acoasta este necesar să se determine linia fundului albiei, după eroziune, pe bază de calcul sau, eventual, prin studiu pe modele hidraulice.

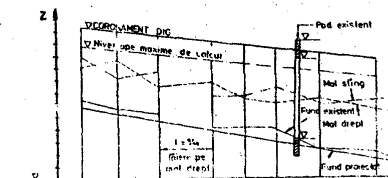
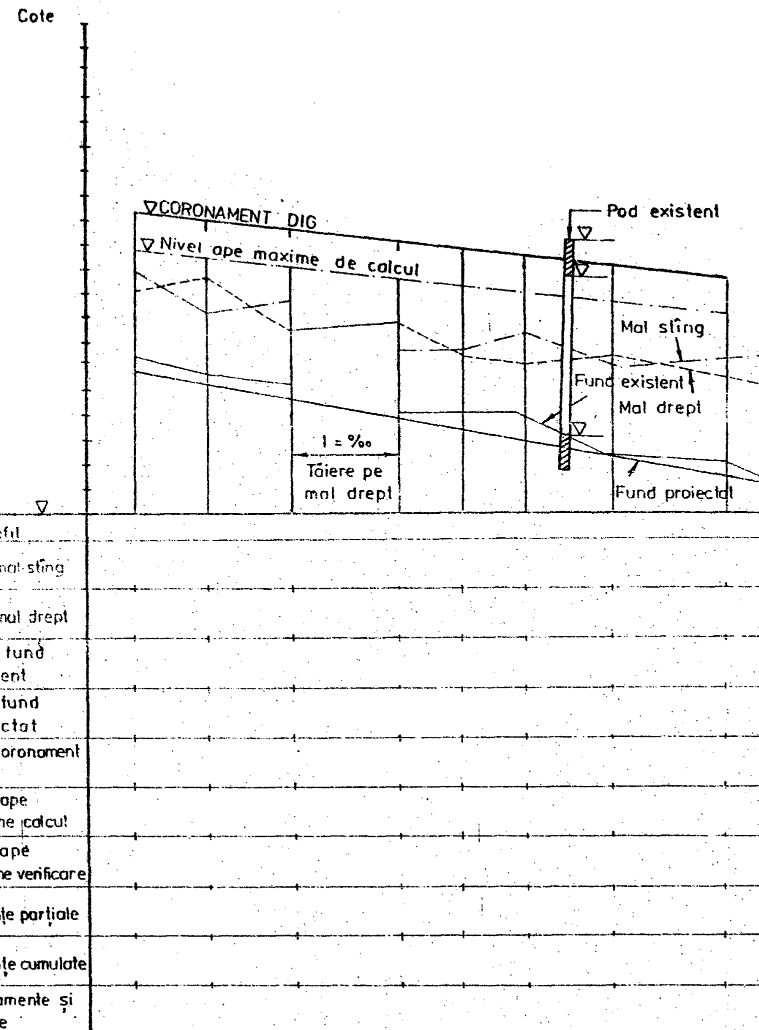


Fig. 21. Profilul longitudinal al albiei regularizate.



NOTĂ:

Elementele prezentate în profil sunt minime.

Fig. 21. Profilul longitudinal al albiei regularizate

Profilul în lungul albiei regularizate trebuie să conţină următoarele elemente principale:

- linia talvegului albiei regularizate şi a albiei naturale;
- linia coronamentului în axul digurilor de apărare împotriva inundaţiilor existente sau proiectate, cu indicarea eventualelor lucrări de traversare a acestora, în cazul când se realizează concomitent regularizarea albiei minore şi majore;
- linia oglinzii apei la diferite debite caracteristice, înainte şi după regularizare;
- poziţia şi cotele diferitelor construcţii din albie.

4.2.2. SECŢIUNEA TRANSVERSALĂ STABILĂ A ALBIEI REGULARIZATE

De regulă, profilul are o formă simplu sau dublu trapezoidală şi foarte rar, parabolică sau dreptunghiulară.

Se deosebesc următoarele secţiuni transversale caracteristice ale albiilor regularizate:

- secţiunea unică în săpătură;
- secţiunea etajată în săpătură.

În general, pentru regularizarea albiei minore primul tip de secţiune este cea mai utilizată. Cel de al dilea tip de secţiune se utilizează pentru albiile cu deschideri foarte mari sau de adâncimi mari, când se urmăreşte tranzitarea unui debit minim (de servitute) prin cunetă, fie evitarea unor taluzuri înalte, inestetice, realizându-se totodată mărirea stabilităţi laterale. În afara cazului când adâncimea debleului impune acest tip de secţiune, se va evita realizarea unei secţiuni etajate care la acelaşi volum de săpătură conduce la lăţimi foarte mari, ocupând suprafeţe mari din terenul agricol. Trebuie avut în vedere şi faptul că în timp cuneta nu îşi menţine traseul în plan decât dacă este fixat prin lucrări de consolidare.

În asemenea situaţii o soluţie de înlocuire este realizarea unei secţiuni unice, compensându-se cuneta prin realizarea înclinată a fundului, de la muchea taluzurilor spre axul central (fig.22).

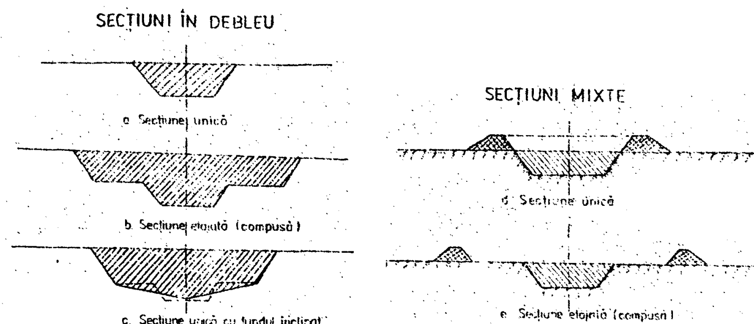


Fig. 22 Secţiuni transversale caracteristice ale albiilor regularizate.

În situaţiile în care se realizează atât regularizarea albiei minore cât şi a celei majore, secţiunea transversală poate fi:

- seţiune unică în săpătură şi umplutură (mixtă)
- secţiune etajată (compusă) în săpătură şi umplutură (mixtă)

Prima se foloseşte atunci când digurile se amplasează pe mal, având taluzul dinspre apă în continuarea taluzului albiei minore. De regulă se va evita pe cât posibil o astfel de soluţie, ce conduce la o încorsetare puternică a albiei, şi determină necesitatea unor soluţii de consolidare atât a albiei cât şi a digurilor.

Soluţia a doua reprezintă cazul obişnuit de regularizare, când digurile sunt amplasate la distanţe variabile de mal. În asemenea situaţii se caută pe cât posibil, pentru realizarea unor lucrări economice, ca volumul de săpătură să compenseze volumul de umplutură. Profilele transversale ale albiei minore regularizate trebuie astfel proiectate încât să se asigure scurgerea în condiţii optime a debitelor lichide şi solide.

Conturul poligonal al albiei minore se poate realiza prin săpături şi umpluturi bine compactate protejate prin înierbare sau prin lucrări grele, după caz, cum sunt lucrările de regularizare de tip epiu, digurile de dirijare submersibile şi pragurile de fund.

Dimensiunile definitive ale secţiunilor albiei regularizate se stabilesc numai după verificarea stabiltăţii acestora la debitul maxim de calcul. Stabilitatea locală este asigurată dacă:

- vitezele maxime de curgere, corespunzătoare debitului de calcul, sunt mai mici decât vitezele critice de antrenare în masă a aluviunilor de fund. Aprecierea stabilităţii albiei se poate face şi prin compararea eforturilor de antrenare;
- vitezele scăzute, corespunzătoare apelor mici asigură transportul debitului solid care soseşte din amonte sau dacă depunerile produse pot fi spălate de debitele mari (la albii cu evoluţie periodică).

Totodată este necesar să se analizeze şi posibilitatea realizării unei secţuni optime din punct de vedere hidraulic (secţiune de minimă rezistenţă), pentru care perimetrul udat este minim, iar raza hidraulică are valoarea maximă, deci şi viteza este maximă. Secţiunea respectivă la aceaşi suprafaţă şi aceaşi pantă permite să se obţină o capacitate de transport maximă. Această verificare este deosebit de utilă la canalele de străpungere sau la canalele de derivaţie.

Rezultatele observaţiilor au pus în evidenţă faptul că variaţia raportului dintre lăţimea şi adâncimea medie a albiei (B/h) în raport cu debitul de formare se datorează repartiţiei neuniforme a forţei de frecare, respectiv a forţei de antrenare a aluviunilor pe perimetrul udat şi se exprimă printr-o relaţie de tipul:

$$Bh^{1+m} = cQ$$

Relaţiile morfometrice rezultate pentru dimensionare, după S. Hâncu au următoarele expresii:

$$h \cong Q^{0.4} \quad ; \quad B \cong Q^{0.5} \quad ; \quad v \cong Q^{0.1} \quad \text{pentru } m = 1/4$$

$$\text{şi} \quad h = Q^{0.375} \quad ; \quad B = Q^{0.562} \quad ; \quad v = Q^{0.00625} \quad \text{pentru } m = 1/6$$

Forma secţiunilor transversale a albiilor râurilor prezintă variaţii mari de la un sector la altul.

În coturi secţiunea transversală a albiei se deformează, adâncimea medie creşte, iar adâncimea maximă se realizează lângă malul concav (fig 23).

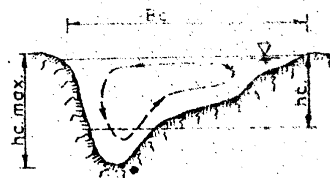


Fig. 23. Secțiunea transversală în coturi.

Între adâncimea medie în coturi (h_c) și adâncimea medie în aliniament (h) există relația stabilită de Boussinesq și precizată de Altunin.

$$h_c = h\left[1+\sigma\frac{(B)^{\frac{1}{2}}}{r}\right]$$

unde:

r - raza de curbură;

σ - coeficient morfometric (tabelul 11)

Între adâncimea maximă în coturi $h_{c\,max}$ și adâncimea medie în aliniament se poate admite o relație de proporționalitate de tipul:

$$h_{c\,max} = C_\sigma h$$

unde C_σ se ia din tabelul 11.

Tabelul 11.

VALORILE COEFICIENȚILOR σ și C_σ după ALTUNIN

r / B	6	5	4	3	2	1,5
σ	0,6	0,6	0,65	0,75	0,85	2,0
C_σ	1,48	1,84	2,2	2,57	3,0	-

Totodată, pe baza cercetărilor efectuate, a rezultat că între aria secțiunii de curgere în aliniament (ω) există o relație morfometrică simplă de forma $\omega = \omega_c$ explicabilă prin aceea că, în coturi lățimea albiei este mai mică decât în aliniament.

Trebuie menționat însă că optimul hidraulic nu înseamnă și optimul economic, astfel că la dimensionare trebuie să se țină seama de ambele aspecte și să se caute soluția optimă din punct de vedere tehnico - economic.

5. PROIECTATEA DIGURILOR

Ori de câte ori se realizează amenajarea în complex a albiei unui râu, traseul digurilor trebuie corelat cu cel al albiei minore regularizate. În ansamblu, secțiunea totală de curgere trebuie să asigure curgerea lină a apelor mari, fără vârtejuri, fără zone care pot favoriza aglomerarea de plutitori sau a sloiurilor de gheață. În general, traseul digurilor trebuie să fie mai puțin sinuos decât traseul albiei minore, având în vedere că la ape mari, axul dinamic al curgerii în albia majoră diferă de cel al curgerii în albia minoră.În unele cazuri se prevede amenajarea numai a albiei majore prin realizarea de diguri de apărare împotriva inundațiilor. Albia minoră se menține în situația existentă sau se prevăd numai lucrări minime de tip conservativ cum ar fi; apărări de mal, tăieri locale de meandre.

σ = 0,8 B = 64 -> √B = 8 r = 110

5.1. TRASEUL DIGURILOR

Stabilirea traseului unui dig comportă analizarea și compararea a trei criterii de bază: hidraulic, geotehnic și economic. Satisfacerea simultană a acestor criterii nu este posibilă, între ele existând cerințe contradictorii.

Din punct de vedere hidraulic este de preferat un traseu mai îndepărtat de albia minoră, cea ce determină o dezatenuare mai redusă și reducerea înălțimii digurilor de apărare. În schimb, îndepărtarea digurilor, duce la micșorarea suprafeței apărate și la creșterea investiției specifice și în unele cazuri o astfel de soluție conduce la întâlnirea unor terenuri cu structură geotehnică defavorabilă pentru fundarea digurilor. Proiectarea judicioasă a traseului digului constă tocmai în îmbinarea armonioasă a acestor criterii de bază.

Distanța între diguri, în cazul când îndiguirea se prevede pe ambele maluri, sau între dig și albia minoră (lățimea zonei dig - mal) în situațiile în care nu este necesară decât apărarea terenurilor de pe un singur mal, se stabilește printr-o analiză tehnico - economică bazată pe următoarele criterii principale:

- supraînălțarea nivelurilor și creșterea vitezelor, față de regimul natural să nu conducă la soluții nesigure și costisitoare. În general, se recomandă o supraînălțare maximă admisibilă de nivel de 0,5 m la cursurile de apă cu pante I > 0,5 % și de 0,8 - 1.0 m la cursurile de apă cu pante I < 0,5 %;
- în zonele cu eroziune activă a malului albiei minore, în cazul când nu se justifică realizarea unor lucrări de protecție a malului sau de combatere a fenomenului de eroziune, distanța între dig și mal trebuie să fie suficientă pentru ca avansarea eroziunii pe o perioadă de 5 ani să nu afecteze siguranța digului;
- lățimea dig - mal trebuie să permită amplasarea gropilor de împrumut (când digul nu se realizează cu pământ din albia minoră) și, dacă este cazul, a perdelelor de protecție forestieră;
- digul de apărare trebuie să scoată de sub efectul inundațiilor o suprafață de teren cât mai mare posibilă.

Pentru distanța de amplasare a digurilor față de malul albiei minore nu pot fi date valori precise. Stabilirea acesteia rezultă numai în urma unor calcule tehnico-economice care analizează și compară toate elementele caracteristice.

Orientativ, din practica actuală, pot fi avute în vedere următoarele distanțe medii:

150 - 300 m pentru fluviul Dunărea;
50 - 100 m pentru cursurile mari de apă (Olt, Siret, Ialomița, etc.);
20 - 50 m pentru cursurile mijlocii (Crișuri, Vedea, Bîrlad, etc.);
10 - 20 m pentru cursurile mici de apă (Călmățui, Cricov, Neajlov, etc.)

Se va evita pe cât posibil o distanță dig - mal sub 10 m, chiar la cursurile de apă cele mai mici cât și realizarea unei secțiuni mici de curgere prin amplasarea digurilor chiar pe malul albiei minore.

Încorsetarea puternică a albiei minore provoacă o dezatenuare mare a debitelor naturale de viitură, cea ce duce la mărirea înălțimii digurilor, deci a volumelor de lucrări. Odată cu aceasta, prin sporul de viteză ce se realizează apare și necesitatea unor lucrări pentru protecția malurilor, și chiar a taluzurilor digurilor, cea ce determină creșterea apreciabilă a investiției.

Realizarea unor diguri situate în imediata apropiere a malurilor, sau chiar pe mal, nu se justifică decât în anumite situații obligate ca, existența unor obiective economice importante.

În luncile inundabile unde există terenuri împădurite, este de preferat menținerea acestora în regim natural de inundare, ocolindu-se cu digul , masivul respectiv, soluție care duce la reducerea dezatenuării, terenurile respective constituind *zone de destindere* a viiturii.

Traseul digurilor longitudinale de apărare se racordează, amonte și aval, la terenurile înalte neinundabile, sau la alte amenajări existente (rambleu de șosea, CF, etc). Această racordare se verifică îndeosebi pentru zona din amonte, ca să nu fie realizată doar local, existând în acest caz pericolul inundării terenurilor apărate prin ocolirea prin spate a digului.

Un caz particular al digurilor longitudinale îl constituie digurile *deschise* care se racordează cu terenul înalt numai la extremitatea din amonte, apele putând pătrunde prin aval, fără a afecta însă terenul ce trbuie apărat. Se utilizează atunci când executarea unui dig transversal de închidere prezintă dificultăți de ordin constructiv sau economic, iar panta longitudinală a cursului de apă este suficient de mare pentru ca zona din amonte să nu fie inundată.

În situația când în zona apărată cursul principal are o serie de afluienți, ce nu pot fi rezolvați prin altă soluție (devieri, subtraversări, etc.) digurile longitudinale se prelungesc pe afluienți cu diguri de remu până la limita de influență a acestora. Racordarea digurilor longitudinale cu cele de remu trebuie să asigure stabilitatea albiilor minore în zona de confluență, raza de racordare a celor două diguri admițându-se:

- de 5 ori lățimea albiei minore a cursului de apă principal, în cazul în care digul nu este solicitat de gheţuri;
- de 10 - 20 ori lățimea albiei minore a cursului de apă principal, în cazul în care digul este solicitat de gheţuri.

Nu se recomandă raze de curbură mai mici de 50 m, indiferent de mărimea cursului de apă, decât în situații obligate, situații în care trebuie avute în vedere lucrări suplimentare de consolidare.

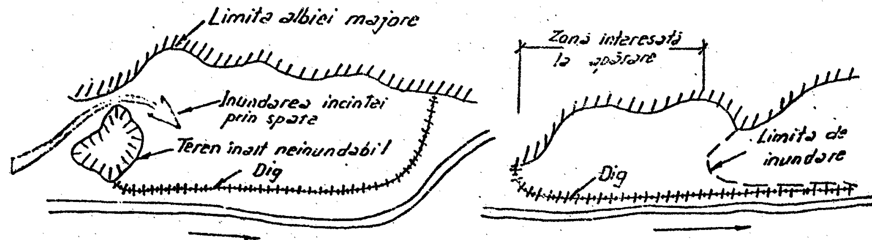


Fig. 24. Traseul digurilor

5.2. PROFILUL LONGITUDINAL AL DIGURILOR

Profilul longitudinal al digurilor trbuie să conțină cotele coronamentului, respectiv înălțimea digului deasupra terenului, pe toată lungimea, urmărind traseul proiectat.

Elementele caracteristice ale profilului longitudinal sunt prezentate în fig. 16. De regulă, se prezintă un singur profil longitudinal al albiei amenajate (minoră și majoră).

În situațiile în care digul este amplasat la o distanță mai mare de mal, sau traseul lui *diferă mult de traseul albiei minore*, se prezintă separat profilul longitudinal al digului, pentru o determinare corectă atât a lungimii cât și a cotelor de teren, respectiv al înălțimilor.

5.3. COTA CORONAMENTULUI DIGURILOR

Cota coronamentului (de proiectare) se determină pe baza a două criterii:
- în funcție de nivelul maxim de calcul;
- în funcție de nivelul maxim de verificare.

Relațiile de calcul sunt următoarele:

$$H = h_c + 0,5\,h + h_d + h_s + h_b$$
$$H = h_v + h_s + h_b$$

unde:

H - cota coronamentului digului (m);
h_c - cota nivelului maxim de calcul (m);
h_v - cota nivelului maxim de verificare (m);
h - înălțimea de calcul a valului (m);
h_d - înălțimea de deferlare a valului pe taluz (m);
h_s - înălțimea de siguranță (m);
h_b - înălțimea bombamentului în axul coronamentului (m);

Se determină cota digurilor cu ambele relații, adoptându-se valoarea cea mai mare.

Asupra elementelor din aceste relații se fac următoarele precizări:

5.3.1. ÎNĂLȚIMEA DE SIGURANȚĂ (h_s)

Reprezintă un spor de înălțime peste nivelurile calculate pentru ca digul să nu fie deversat, având valorile:

0,20 - 0,60 m peste nivelul maxim de calcul (h_c);
0,10 - 0,30 m peste nivelul maxim de verificare (h_v).

Valorile maxime se adoptă atunci când datele hidrologice disponibile sunt insuficiente și la lucrări de importanță deosebită. Pentru digurile din clasa de importanță IV și V, se poate renunța la sporul de siguranță aplicat la nivelul maxim de verificare.

5.3.2. ÎNĂLȚIMEA DE DEFERLARE A VALULUI (h)

Se ia în considerare numai în cazurile în care durata nivelurilor de calcul (h_c), peste cota de depășire a malurilor, este mai mare de 12 ore.

Înălțimea valului poate fi determinată cu ajutorul monogramelor Braslavschi sau cu relația:

$$h = 0,0186 \cdot w^{0.71} \cdot D^{0,24} \cdot h_a^{0,54}$$

unde:

w - viteza vântului în km /oră;
D - lungimea luciului de apă pe direcția vântului în km;
h_a - adâncimea apei la nivelul de calcul.

Intensitatea de calcul a vânturilor se adoptă după cum urmează:

2 % pentru digurile de clasa I și II de importanță;
4 % pentru digurile de clasa III și IV de importanță;
10 % pentru digurile de clasa V de importanță, precum și pentru cele transversale de compartimentare.

5.3.3. ÎNĂLŢIMEA TOTALĂ A VALULUI ($h_t = 0{,}5\,h + h_d$)

Ţinând seama de deferlarea valului pe taluz, înălţimea totală (h_t) se determină cu relaţia (fig. 19):

$$h_t = 3{,}2(2h)\text{tg}\alpha \cdot k$$

unde:

h - înălţimea valului;

α - unghiul de înclinare a taluzului;

k - coeficient în funcţie de rugozitatea taluzului cu valorile:

1,0 - 1,25 pentru taluzul protejat cu plăci de beton;

0,9 - 1,0 pentru taluz de pământ;

0,8 - 0,9 pentru taluz protejat cu pereu din piatră;

0,77 - 0,8 pentru taluz protejat cu anrocamente.

Pentru digurile din clasa de importanţă IV şi V cu excepţia celor de la Dunăre, pe râurile nenavigabile şi unde distanţa între diguri este mai mică de 0,5 km, se poate renunţa la calculul înălţimii valurilor.

Ţinând seama şi de cele arătate cu privire la sporul de siguranţă rezultă că pentru aceste diguri se pot admite următoarele relaţii de calcul a cotei coronamentului:

$$H = h_c + h_s$$

$$H = h_v$$

adoptându-se dintre cele două valori valoarea cea mai mare. În asemenea situaţii h reprezintă garda digului având valorile:

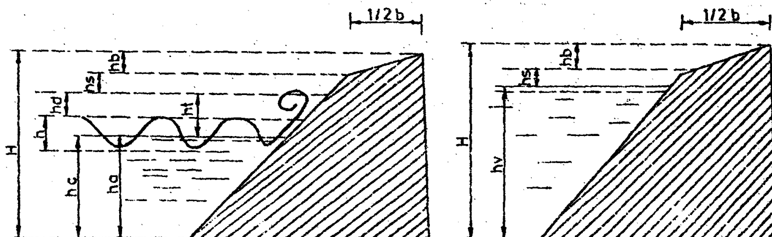
0,8 - 0,9 m pentru cursurile mari de apă;

0,6 - 0,7 m pentru cursurile mijlocii;

0,4 - 0,5 m pentru cursurile mici.

5.3.4. COTA DE EXECUŢIE A CORONAMENTULUI DIGULUI (H_e)

Cota de execuţie se determină adăugându-se la cota de proiectare (H), înălţimea tasării umpluturii de pământ din corpul digului şi fundaţia acestuia. Tasarea umpluturii de pământ se compune dintr-o *tasare de moment*, provocată de utilajele de



În funcţie de nivelul maxim de calcul — În funcţie de nivelul maxim de verificare

h_c - nivel maxim de calcul; h_v - nivel maxim de verificare; h - înălţimea de calcul a valului; h_d - înălţimea de deferlare a valului; h_s - înălţimea de siguranţă; h_b - înălţimea bombamentului; h_t - înălţimea totală a valului;

Fig. 25. Cota coronamentului digurilor (H)

compactare şi o *tasare progresivă în timp (remanentă)*, provocată de greutatea masei de pământ. Sporul de înălţime pentru tasarea rambleului digului reprezintă de fapt diferenta intre gradul de compactare a materialului în carieră şi cel realizat în corpul digului. În general, in funcţie de caracteristicile geotehnice ale materialului, înălţimea rambleului şi modul de compactare, tasarea digului variază între 2 % - 5 % din înălţimea (H).

Tasarea fundaţiei digului este cu atât mai mare cu cât sarcina unitară este mai mare şi cu cât terenul de fundatie are în situaţia iniţială un coeficient de porozitate mai mare. Tasarea terenului de fundaţie se determină conform prescripţiilor STAS 3300/71, şi variază în medie intre 3 % - 6 % din înălţimea digului.

5.4. SECŢIUNEA DIGURILOR

Profilul transversal al digurilor este determinat de lăţimea la coronament şi înclinarea taluzelor.

5.4.1. LĂŢIMEA CORONAMENTULUI (b)

Dacă lăţimea la coronament a digului nu este impusă de condiţii de stabilitate, se determină în funcţie de necesităţile de circulaţie ale vehiculelor şi utilajelor folosite la exploatarea şi întreţinerea digului. În practică se admit următoarele dimensiuni:

5 - 6 m pentru digurile de la Dunăre.

3 - 4 m pentru digurile râurilor interioare.

În mod excepţional, în cazul în care digurile au o înălţime ce nu depăşeşte 3 m şi apără suprafeţe reduse de teren, sau obiective de clasa V de importanţă, se admite ca limită minimă pentru lăţimea la coronament valoarea de 4 m pentru digurile de la Dunăre şi 2 m pentru cele de la râurile interioare. În cazul în care se prevede ca digurile să fie folosite şi ca drum public, sau de exploatare agricolă, lăţimea la coronament a acestora va fi impusă de necesităţile de circulaţie, fără a fi însă inferioară valorilor de mai sus.

5.4.2. ÎNCLINAREA TALUZURILOR

Înclinarea taluzurilor digurilor se stabileşte în funcţie de caracteristicile geotehnice ale pământului, durata viiturii, înălţimea digului. De regulă, se adoptă *pentru taluzurile dinspre apă (exterioare)* înclinarea de 1:3 şi pentru *taluzurile dinspre incintă (interioare)* înclinarea de 1:2. Orientativ, în tabelul de mai jos se prezintă înclinările uzuale ale taluzurilor:

Tabelul 12.

Categoria de pământ	Înălţimea digului (H)	Taluzul exterior	Taluzul interior
Nisipuri şi prafuri	2 m	1:3	1:2 sau 1:3
Nisipuri argiloase şi prafuri argilo-nisipoase	2 m	1:3	1:2 sau 1:3
Luturi (prafuri argiloase)	2 m	1:2,5 sau 1:3	1:2
Argile grase şi prăfoase	2 m	1:2 sau 1:2,5	1:2
Mâluri	2 m	1:3 sau 1:4	1:3 sau 1:4

5.5 CALCULUL STABILITĂȚII DIGULUI

Problema stabilității unui masiv de pământ limitat de plane înclinate față de orizontală, având o înălțime finită h, se încadrează în problema generală a echilibrului limită a maselor de pământ.

Prin calcule de stabilitate ale unui masiv de pământ delimitat de o suprafață înclinată plană sau frântă, solicitat de niște încărcări date, se determină coeficientul de siguranță la rupere pe care-l prezintă taluzul proiectat. Definiția acestui coeficient de siguranță variază în funcție de metoda aplicată pentru determinarea sa. În principiu, acesta se exprimă ca un raport al factorilor care acționează pentru producerea ruperii față de cei care asigură stabilitatea. Rezistența pământului este caracterizată prin valorile c și Φ, parametrii dreptei intrinseci. Față de importanța pe care aceste valori o au în determinarea corectă a coeficientului de siguranță, este necesar ca ele să fie alese după criterii care să reprezinte just condițiile reale din diferite puncte ale masivului în momentul ruperii. În general se folosesc următoarele metode de calcul:

a)*Determinarea stării de eforturi limită* în cazul de echilibru limită după Rankine pentru un masiv semiinfinit limitat de o suprafață înclinată. Aceste probleme se rezolvă cu ajutorul cercului lui Mohr.

b) *Rezolvarea ecuațiilor diferențiale ale echilibrului limită* prin diferențe finite.

c) *Suprafețe de alunecare circular - cilindrice împărțite în fâșii elementare* (metoda Fellenius)

Pentru un masiv care se presupune că alunecă pe o suprafață circular -cilindrică având raza R și centrul în O, cu unghiul la centru α_0, coeficientul de siguranță n_s se determină cu relația:

$$n_s = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_i tg\Phi + \sum_{i=1}^{n} l_i c_i}{\sum_{i=1}^{n} T_i} = \frac{\sum G_i \cos\alpha_i tg\Phi + \sum c_i l_i}{\sum G_i \sin\alpha_i} \qquad (5.5.1.)$$

α_i fiind unghiurile între verticală și normală.

Deoarece la însumarea fâșiilor se neglijează forțele care acționează pe suprafețele verticale de separație ale acestora, se folosesc uneori formule care corectează aceste simplificări.

Construcția grafică se execută în felul următor: se trasează mai multe cercuri de alunecare și se calculează n_s după expresia (5.5.1) pentru fiecare, până se obține o valoare minimă pentru n_s.

Se consideră taluzul stabil când $n_{s\ min} > 1$. În vederea reducerii numărului de cercuri, se folosește următoarea regulă empirică arătată în fig. 26: centrele celor mai nefavorabile cercuri de alunecare se găsesc pe dreapta MO, fixată de două puncte, și anume : M (cu coordonatele 4,5h și 2h) și O (la intersecția laturilor unghiurilor β_1 și β_2 date de Fellenius funcție de taluzurile digului).

1:m	1:1	1:1,5	1:2	1:3	1:5
β_1	28^0	26^0	25^0	25^0	25^0
β_2	37^0	35^0	35^0	35^0	37^0
β	45^0	$33^0 45'$	$26^0 34'$	$18^0 25'$	$11^0 19'$

EXEMPLU DE CALCUL:

Se consideră un dig a cărui taluz exterior are înclinarea m = 3. Din tabelul de sus rezultă că unghiurile sunt $\beta_1 = 25^0$, iar $\beta_2 = 35^0$.

Din studiile geotehnice rezultă proprietățile fizico-mecanice ale pământurilor folosite la construcția digului ca fiind:

- argilă nisipoasă
- greutatea volumetrică γ_p = 18 - 19 KN/ m^3;
- unghiul de frecare interioară Φ = 15^0 - 20^0;
- indicele porilor e = 0,82;
- porozitatea n = 45%;
- coeziunea pământului c = 0,3 - 0,5 daN/cm^2;
- coeficientul de permeabilitate k = 10^{-6} - 10^{-7} cm/s.

Calculele se pot urmări în tabelele anexate, iar schemele de calcul în figurile 27, 28 și 29.

Calculul coeficientului de stabilitate n_s prin metoda Fellenius

nr. fâșie	h_i (m)	b_i (m)	V_i (m^3)	γ_p (kN/m^3)	G_i (kN)	α_i^0 stg.	α_i^0 dr.	$\cos\alpha_i$	N_i (kN)	$\sin\alpha_i$	T_i (kN)
1	0.5	1,4	0,7	18,5	12,9	-	41	0,75	9,77	0,66	8,49
2	1,0	1,0	1,0	18,5	18,5	-	35	0,82	15,2	0,57	10,6
3	1,3	1,0	1,3	18,5	24,0	-	30	0,86	20,8	0,50	12,0
4	1,5	1,0	1,5	18,5	27,7	-	25	0,91	25,1	0,42	11,7
5	1,6	1,0	1,6	18,5	29,6	-	20	0,94	27,8	0,34	10,1
6	1,5	1,0	1,5	18,5	27,7	-	15	0,96	26,8	0,26	7,18
7	1,4	1,0	1,4	18,5	25,9	-	11	0,98	25,4	0,19	4,95
8	1,2	1,0	1,2	18,5	22,2	-	6	0,99	22,1	0,10	2,32
9	0,9	1,0	0,9	18,5	16,6	-	2	0,99	16,6	0,04	0,58
10	0,6	1,0	0,6	18,5	11,1	3	-	0,99	11,1	-0,05	-0,58
11	0,2	1,0	0,2	18,5	3,7	7	-	0,99	3,67	-0,12	-0,45
Σn_i									204		44,3

Calculele din tabel s-au efectuat pentru următoarele date:

Centrul cercului este O_1; R_1 = 13 m - raza cercului de alunecare; c = 0,4 daN/cm^3 - coeziunea pământului; Φ = 18^0 - unghiul de frecare, tg Φ= 0,32; θ = 55^0 unghiul la centru al cercului de alunecare; L = 12,44 m - lungimea cercului de alunecare și s-a obținut pentru coeficientul de siguranță valoarea n_s = 1,6 (fig. 27).

Se consideră un alt cerc de alunecare cu centrul în O_2, de rază R = 10,4 m, cu unghiul la centru θ = 112^0.

Calculele s-au efectuat în tabelul următor folosind aceeaşi metodă

nr fâşie	h_i (m)	b_i (m)	V_i (m³)	γ_p (kN)	G_i (kN)	α_i^0 stg	α_i^0 dr.	cosα_i	N_i (kN)	sinα_i	T_i (kN)
1	0,8	0,8	0,8	18,5	14,8	-	63	0,454	6,718	0,891	13,90
2	2,6	1,0	2,6	18,5	48,1	-	53	0,602	10,89	0,799	14,46
3	3,8	1,0	3,8	18,5	70,3	-	45	0,707	49,86	0,707	49,71
4	4,6	1,0	4,6	18,5	85,1	-	38	0,788	67,06	0,616	52,42
5	5,4	1,0	5,4	18,5	99,9	-	31	0,857	85,63	0,515	51,45
6	5,8	1,0	5,8	18,5	107,3	-	25	0,819	87,90	0,423	45,39
7	5,9	1,0	5,9	18,5	109,1	-	19	0,946	103,3	0,326	35,58
8	5,8	1,0	5,6	18,5	107,3	-	13	0,976	104,5	0,225	24,14
9	5,6	1,0	5,6	18,5	103,6	-	7	0,992	102,8	0,122	12,64
10	5,3	1,0	5,3	18,5	98,1	-	2	0,999	98,04	0,035	3,42
11	5,0	1,0	5,0	18,5	92,50	4	-	0,998	92,32	-0,069	-6,46
12	4,5	1,0	4,5	18,5	83,30	9	-	0,987	82,28	-0,156	-13,03
13	4,0	1,0	4,0	18,5	74,0	15	-	0,966	71,48	-0,259	-19,17
14	3,3	1,0	3,3	18,5	61,10	21	-	0,933	57,04	-0,358	-21,89
15	2,5	1,0	2,5	18,5	46,30	27	-	0,891	41,25	-0,454	-21,02
16	1,6	1,0	1,6	18,5	29,60	33	-	0,839	24,83	-0,545	-16,13
17	0,6	1,0	0,6	18,5	11,10	40	-	0,766	8,50	-0,643	-7,14
Σn_i									1094,6		259,87

Coeficientul de siguranţă n_s = 1,4 (fig 28)

Considerăm un nou cerc de alunecare cu centrul cercului în O_3, de rază R = 10,4 m şi unghi la centru de $\theta = 141^0$, iar calculele aferente se găsesc în următorul tabel.

nr. fâşie	h_i (m)	b_i (m)	V_i (m³)	γ_p (kN)	G_i (kN)	α_i^0 stg	α_i^0 dr.	cosα_i	N_i (kN)	sinα_i	T_i (kN)
1	1,0	1,0	1,0	18,5	18,5	-	74	0,276	5,098	0,961	17,78
2	3,1	1,0	3,1	18,5	57,4	-	60	0,500	28,70	0,866	49,71
3	4,6	1,0	4,6	18,5	85,1	-	50	0,643	54,70	0,766	65,18
4	5,6	1,0	5,6	18,5	103,6	-	43	0,731	75,77	0,682	70,65
5	6,5	1,0	6,5	18,5	120,3	-	35	0,819	98,53	0,574	69,00
6	7,1	1,0	7,1	18,5	131,4	-	29	0,875	114,9	0,485	63,50
7	7,5	1,0	7,5	18,5	138,8	-	23	0,92	127,7	0,391	54,23
8	7,7	1,0	7,7	18,5	142,5	-	17	0,956	136,2	0,292	41,67
9	7,6	1,0	7,6	18,5	140,6	-	11	0,982	138,1	0,191	26,82
10	7,4	1,0	7,4	18,5	136,9	-	5	0,996	136,4	0,087	11,92
11	7,2	1,0	7,2	18,5	133,2	-	-	-	133,2	-	-
12	6,8	1,0	6,8	18,5	125,8	6	-	0,994	125,1	-0,105	-13,14
13	6,2	1,0	6,2	18,5	114,7	11	-	0,982	112,6	-0,191	-21,89
14	5,7	1,0	5,7	18,5	105,5	17	-	0,956	100,9	-0,292	-30,85
15	5,0	1,0	5,0	18,5	92,5	23	-	0,92	85,10	-0,391	-36,15
16	4,2	1,0	4,2	18,5	77,7	29	-	0,875	67,96	-0,485	-37,67
17	3,2	1,0	3,2	18,5	59,2	36	-	0,809	47,48	-0,588	-34,80

18	2,0	1,0	2,0	18,5	37,0	43	-	0,731	27,06	-0,682	-25,23
	0,7	1,0	0,7	18,5	12,9	51	-	0,629	8,12	-0,777	-10,02
									1623,7		260,7

cientul de siguranţă n_s = 2,06, (fig.29) Pentru ca taluzul digului să fie stabil la care trebuie ca valoarea minimă a coeficientului de stabilitate, să fie de 1,1 - 1,3.

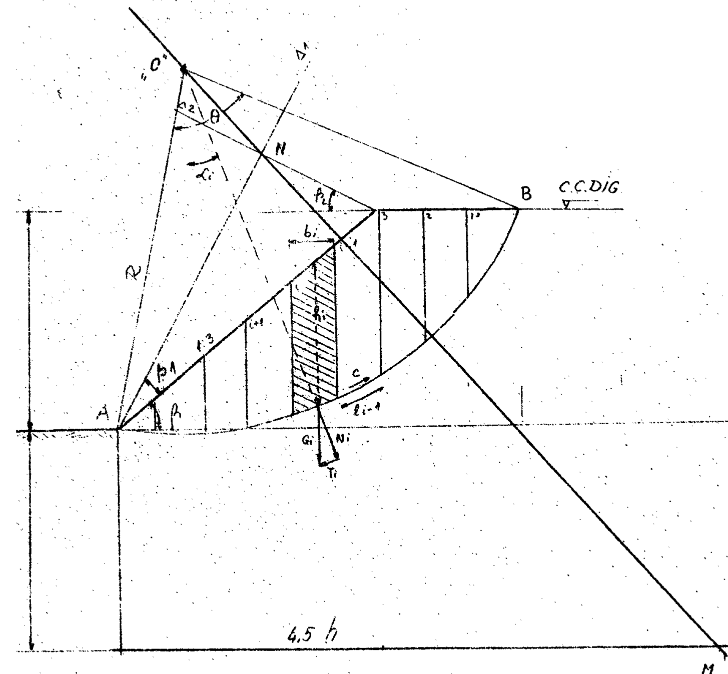
În cazul unui teren de fundaţie rezistent, pentru digurile cu înălţime până la 6 m, area taluzurilor poate fi calculată cu relaţia simplificată Maslov:

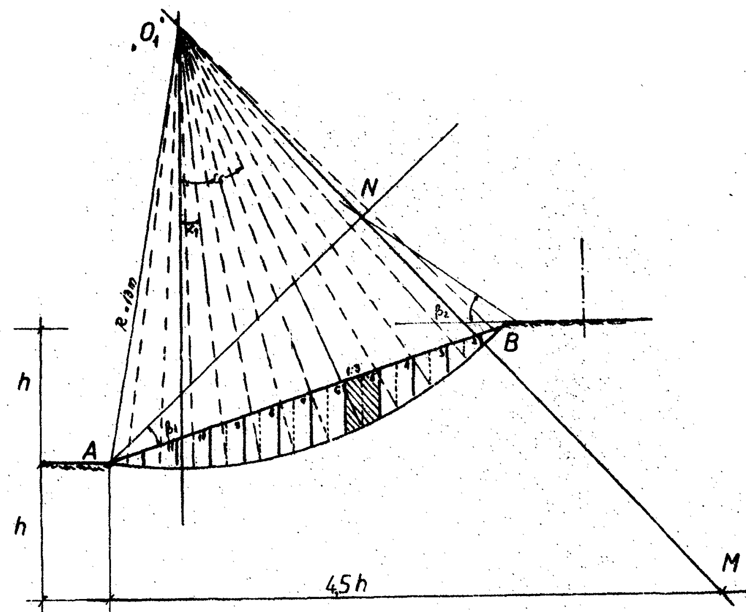
$$tg\varphi = tg\beta + \frac{C}{\gamma H}$$

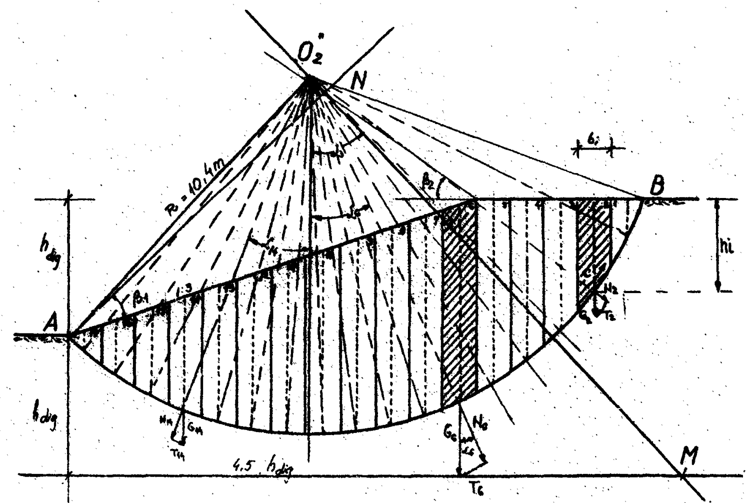
e

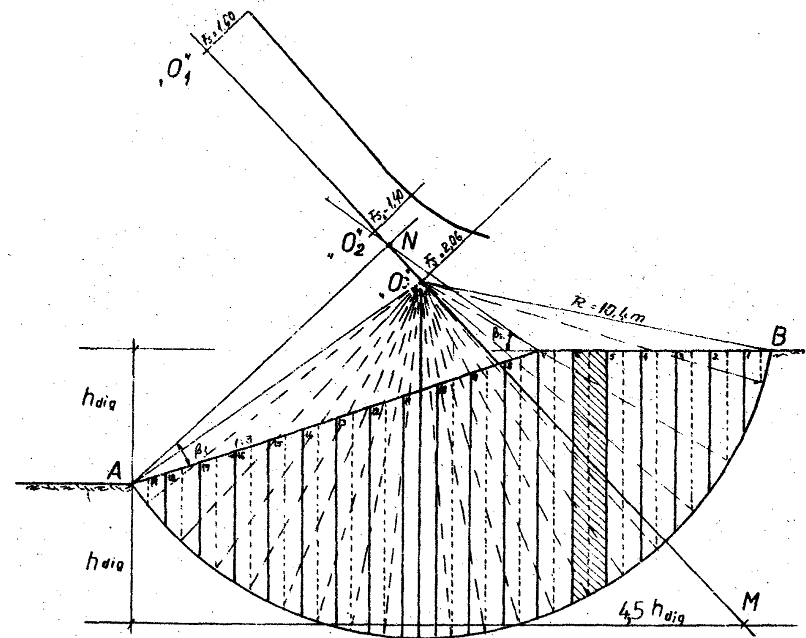
- β - înclinarea taluzului în grade;
- φ - unghiul de frecare interioară în grade;
- C - coeficientul de coeziune al pământului în tf/m³;
- γ - greutatea specifică a pământului în tf/m³;
- H - înălţimea digului în m.

Se va avea în vedere acţiunea hidrodinamică a apei de infiltraţie, în care scop rea unghiului de frecare interioară se micşorează cu raportul γ_i / γ, în care γ_i este atea pământului cu apă.




O₁"
N
R=10m
β₂
B
h
β₁
A
h
M
4,5 h


O₂"
N
R=10.4m
bᵢ
B
β₂
h_dig
β₁
1:3
A
hi
h_dig
G₆
N₆
T₆
4.5 h_dig
M


O₁"
Fs=1.60
Fs=1.40
O₂"
N
Fs=2.06
O₃"
R=10.4m
B
h_dig
β₁
A
h_dig
M
4,5 h_dig

5.6. CALCULUL CURBEI DE INFILTRAȚIE ȘI A DEBITULUI INFILTRAT PRIN CORPUL DIGURILOR

Calculele de infiltrații la baraje și diguri se efectuează cu scopul stabilirii elementelor necesare rezolvării a trei categorii de probleme:

- verificarea stabilității barajelor și digurilor, prin luarea în considerare, printre altele, a *forțelor de infiltrație, a presiunilor și subpresiunilor care acționează pe diferite* elemente de construcții;
- determinarea suprafeței libere a apei de infiltrație la barajele de pământ, cu scopul verificării poziției acesteia față de adâncimea de îngheț și stabilirii parametrilor de care se ține seamă la calculul stabilității taluzelor;
- determinarea debitelor infiltrate, cu scopul stabilirii bilanțului hidrologic și hidrogeologic, al prognozei nivelelor apei subterane .

Spre deosebire de baraje, digurile de apărare împotriva inundațiilor se așează în imediata vecinătate a malului, iar terenul este alcătuit dintr-un strat foarte permeabil la adâncime și un altul la suprafață puțin permeabil.

Problema principală, care se pune la calculul infiltrațiilor, este stabilirea subpresiunilor la piciorul interior al digurilor, a căror mărime condiționează în mare măsură stabilitatea digurilor la infiltrații.

Filtrația apei prin dig are ca limită superioară curba de depresie. Normativele actuale de dimensionare a digurilor admit existența unei zone de izvorâre la piciorul taluzului interior, cu înălțimea maximă de (0,10 - 0,15)H, unde H este înălțimea apei care solicită digul.

Pentru calculul curbei de infiltrație prin corpul digurilor se utilizează relațiile cunoscute în literatură cum sunt: metoda fragmentelor sau Pavlovski, metoda Casagrande - Kozeny, metoda Numerov, etc.

Dintre toate acestea s-a preferat metoda Casagrande - Kozeny care este mai simplă și cu rezultate mai apropiate de realitate. Comparativ s-au efectuat calculele, pentru același dig și prin metoda Pavlovski.

5.6.1. METODA CASAGRANDE - KOZENY

Casagrande admite că mișcarea apei prin dig respectă legea lui Darcy, debitul calculându-se cu relația:

$$q = k\,y\frac{dy}{dx}$$

iar, curba de infiltrație este dată de ecuația unei parabole de forma:

$$(x+a)^2 = x^2 + y^2$$

Parabola intersectează planul de apă din amonte în punctul M, care se găsește la distanța egală cu lungimea segmentului MN = 0,3 S, unde S = mH, iar taluzul aval în punctul A. Din condiția ca acest punct să verifice ecuația parabolei se determină parametrul curbei a:

$$a = \sqrt{h_c^2 + d^2} - d$$

unde s-au folosit următoarele notații:

$m = tg\,\alpha_1$ înclinarea taluzului amonte;

$d = B - 0{,}7\,S$;

B - ampriza digului;

h_c - înălțimea de izvorâre.

În zona amonte parabola se racordează în punctul N, printr-o curbă de tranziție normală la taluz. În zona aval punctul de ieșire a apei pe taluz (D) se situează mai jos decât punctul de intersecție al parabolei (A). Acest punct se determină cu ajutorul ecuației parabolei în coordonate polare, cu originea în focarul O și cu raza polară:

$$\rho = \frac{a}{1-\cos\alpha} = \Delta l + l$$

Valoarea pentru pentru raza polară se determină cu ajutorul graficului Casagrande (fig.31)

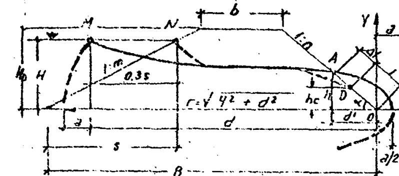


Fig. 30. Schema de calcul

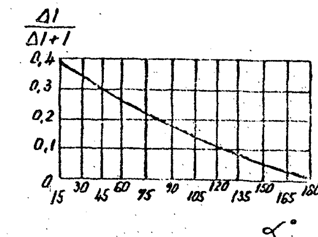
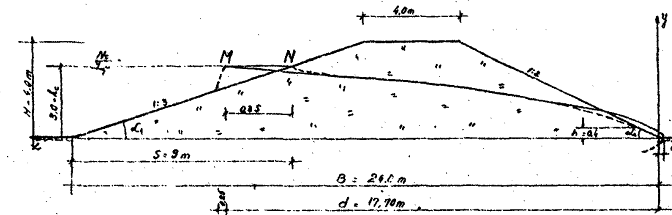


Fig. 31. Graficul Casagrande (α = unghiul taluzului aval)

EXEMPLU DE CALCUL

Se consideră secțiunea transversală printr-un dig prezentată mai jos, având lățimea la coronament b = 4 m, ampriza B = 24 m, înclinarea taluzului amonte 1:m = 1: 3, înclinarea taluzului aval 1:n = 1:2, înălțimea digului H_D = 4 m. nivelul apei la debitul de calcul H = 3 m, $\alpha = 26^0\,39'$, S = m H = 9 m, d = B - 0,7 S = 17,7 m.



Parametrul curbei a = $\sqrt{3^2 + 17{,}7^2} - 17{,}7 = 0{,}252$m și ecuația parabolei devine:

$(x + 0{,}252)^2 = x^2 + y^2$

$x^2 + 0{,}5x + 0{,}0625 = x^2 + y^2$

$$y^2 = 0.5x + 0.0625$$

$$y = \sqrt{0.5x + 0.0625}$$

Trasarea curbei de infiltrație

x (m)	2	3	4	5	10	17.7
y (m)	1,03	1,24	1,43	1,60	2,25	3,0

$p = \dfrac{0{,}25}{1 - \cos 26^0 30'} = 2{,}38$, din graficul Casagrande pentru $\alpha = 26^0\,30'$ se obține

$\dfrac{\Delta l}{\Delta l + l} = 0{,}36$, deci $\Delta l / 2{,}38 = 0{,}36$ de unde rezultă că $\Delta l = 0{,}86$ m, iar $l = 1{,}52$ m.

Se obține pentru $h_c = l \sin\alpha = 1{,}52 \cdot 0{,}263 = 0{,}40$ m, iar $h = (\Delta l + l)\sin\alpha = 0{,}655$ m

$$h_c = 0{,}4 \text{ m} < 0{,}15\, H = 0{,}45 \text{ m}$$

ceea ce verifică condiția de stabilitate a taluzului aval.
Debitul infiltrat prin dig va fi

$q = k\, h_c = 10^{-5}\, 0{,}4 = 4\, 10^{-6}\, m^3 / s\, m$

5.6.2. METODA PAVLOVSKI

Metoda constă în a împărții secțiunea transversală a digului în fragmente conform fig. 32.

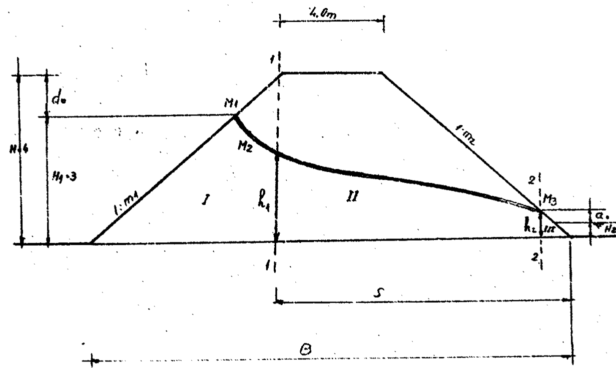


Fig. 32 Secțiune transversală prin dig.

În fragmentul I debitul se infiltrează după linii de curent curbe ce se pot aproxima cu linii de curent orizontale de aceeași lungime și aplicând legea lui Darcy se obține

$$q_I = \frac{ka}{m_1} \ln \frac{H}{d + a}$$

În fragmentul II mișcarea respectă legea lui Dupuit, obținând pentru debit relația:

$$q_{II} = \frac{k}{2S}\left[(H_1 - a)^2 - (H_2 + a_0)^2\right]$$

Fragmentul III se împarete la rândul său în două fragmente dudă o linie orizontală la nivelul apei din aval, obținând fragmentele III_1 și III_2 cu debitele:

$$q_{III_1} = \frac{ka_0}{m_2} \quad ; \quad q_{III_2} = \frac{ka_0}{m_2}\left(\ln \frac{H_2 + a_0}{a_0}\right)$$

rezultând debitul total ca sumă a celor două debite întrucât fragmentele sunt în paralel:

$$q_{III} = \frac{ka_0}{m_2}\left(1 + \ln \frac{H_2 + a_0}{a_0}\right)$$

Întrucât fragmentele I II și III sunt în seria rezultă.

$$q_I = q_{II} = q_{III} = q$$

Calculu infiltrațiilor se reduce la rezolvarea sistemului de ecuații:

$$\frac{q}{k} = \frac{a}{m_1} \ln \frac{H}{d + a}$$

$$\frac{q}{k} = \frac{(H_1 - a)^2 - (H_2 + a_0)^2}{2S}$$

$$\frac{q}{k} = \frac{a_0}{m_2}\left(1 + \ln \frac{H_2 + a_0}{a_0}\right)$$

unde $S = b + m_2\,(H - H_2 - a_0)$ iar necunoscutele sunt q, a și a_0.
Practic rezolvarea se face grafic considerând într-o primî aproximație că a = 0, ecuațiile reducându-se la:

$$\frac{q}{k} = F_1 = \frac{H_1^2 - (H_2 + a_0)^2}{2S}$$

$$\frac{q}{k} = F_2 = \frac{a_0}{m_2}\left(1 + \ln \frac{H_2 + a_0}{a_0}\right) = \frac{a_0}{m_2}\left(1 + 2{,}3 \log \frac{H_2 + a_0}{a_0}\right)$$

Soluția se obține la intersecția celor două funcții, trasate pentru diferite valori ale lui a_0. Cu valoarea q/k astfel obținută se determină a și se reface calculul pentru a_0 și q/k, până când din două reiterații succesive se obțin aceleași valori pentru toate necunoscutele.

În cazul digurilor din lungul râurilor interioare, mișcarea la ape mari este nepermanentă durata viiturilor variind între 5 - 7 zile este posibil ca H_2 (nivelul apei la piciorul interior al digului) să fie $H_2 = 0$.

Atunci relațiile devin:

$$\frac{q}{k} = \frac{a}{m_1} \ln \frac{H}{d + a}$$

$$\frac{q}{k} = \frac{H_1^2 - a_0^2}{2S} = F_1'$$

$$\frac{q}{k} = \frac{a_0}{m_2} = F_2'$$

Curba de depresie se calculează pentru fragmentul II cu relația:

$$y = \sqrt{H_1^2 - \frac{x}{S}\left(H_1^2 - a_0^2\right)}$$

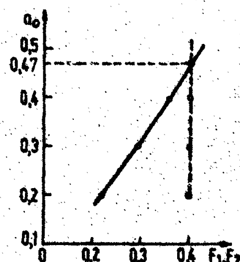
EXEMPLU DE CALCUL

Se consideră secțiunea transversală prin dig (fig 32), cu lățimea la coronament b = 4 m, înălțimea digului H = 4 m, nivelul de apă la debitul de calcul H_1 = 3 m, înclinarea taluzului amonte m_1 = 3, înclinarea taluzului aval m_2 = 2, înălțimea coloanei de apă la piciorul digului în aval H_2 = 0,5 m. Pentru aceste valori expresiile funcțiilor F_1 și F_2 sunt:

$$\frac{q}{k} = F_1 = \frac{H_1^2 - (H_2 + a_0)^2}{2S} = \frac{9 - (0{,}5 + a_0)^2}{2\left[4 + 2(4 - 0{,}5 - a_0)\right]}$$

$$\frac{q}{k} = F_2 = \frac{a_0}{m_2}\left(1 + \ln\frac{H_2 + a_0}{a_0}\right) = \frac{a_0}{2}\left(1 + \ln\frac{0{,}5 + a_0}{a_0}\right)$$

a_0 (m)	0,2	0,3	0,4	0,5
F_1	0,402	0,401	0,4006	0,40
F_2	0,225	0,297	0,36	0,42



Din grafic rezultă a_0 = 0,47 m, q/k = 0,4.

$$q = 0{,}4 \cdot k = 0{,}4 \cdot 10^{-6} = 4 \cdot 10^{-7}\,cm/s = 0{,}00034\,m/zi$$

Calculul curbei de infiltrație este dat de relația

$$y = \sqrt{H_1^2 - \frac{x}{S}\left[H_1^2 - (H_2 + a_0)^2\right]} = \sqrt{9 - \frac{x}{10}\left[9 - (0{,}5 + 0{,}47)^2\right]}$$

ce permite trasarea liniei de infiltrație pe lungimea fragmentului II.

x (m)	0	2	4	6	8	10
y (m)	3	2,72	2,40	2,05	1,59	0,96

5.7. VERIFICAREA STABILITĂȚII TERENULUI DE FUNDAȚIE

În toate cazurile când digul se amplasează pe fundație permeabilă, sau când între fundația permeabilă și dig se află un strat argilos subțire, cu permeabilitate redusă, este necesar să se verifice stabilitatea terenului de fundație la acțiunea de sufozie a apei infiltrate, evitându-se realizarea unui gradient hidraulic critic.

În acest scop, este necesar ca lățimea amprizei digului să satisfacă relația (Bligh).

$$L \geq 2\,C\,H$$

unde:

L - lățimea amprizei digului;
H - înălțimea coloanei de apă la nivelul de calcul;
C - coeficient în funcție de natura terenului, având după Lane, valorile:

- *nisipuri foarte fine sau prafuri*	8,5
- nisipuri fine	7,0
- nisip mediu	6,0
- nisip grosier	5,0
- pietriș fin	4,0
- pietriș mediu	3,5
- pietriș grosier și bolovănișuri	3,0
- argilă	3,0

Pentru exemplul considerat lățimea amprizei L = 24 m, înălțimea coloanei de apă la debitul de calcul H_1 = 3 m, iar pentru teren argilo - nisipos C = 3.

$$L = 24m > 2CH_1 = 2 \cdot 3 \cdot 3 = 18m$$

Când ampriza digului este insuficient de mare (nu se verifică la condiția arătată), se impune realizarea unei banchete la taluzul interior cu dimensiuni capabile să preia subpresiunea apei de infiltrație, sau executarea unui dren la piciorul taluzului aval.

O atenție deosebită trebuie acordată stabilității fundației digului în deosebi când acesta traversează privale, albii părăsite. Situația cea mai frecventă este aceea când în urma lucrărilor de regularizare albia minoră a fost rectificată iar digul traversează albia veche, părăsită. În astfel de situații se prevede umplerea albiei până la nivelul terenului, digul amplasându-se pe platforma astfel realizată. Lungimea platformei, aval și amonte de ampriza digului trebuie să fie de minimum 6h (aval) și 2h (amonte), în care h reprezintă adâncimea albiei (fig.33).

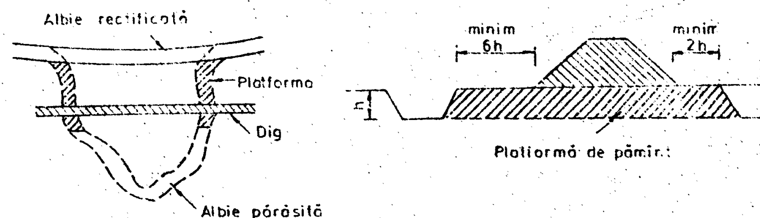


Fig. 33. Platforme pentru fundaţia digului

Debitul infiltrat prin terenul de fundaţie determinat după metoda Pavlovski are expresia:

$$q_{if} = \frac{k_1(H_1 - a_0)T}{L n}$$

unde:

k_1 - coeficientul de permeabilitate al terenului de fundaţie (10^{-2} cm/s);

T - grosimea stratului permeabil (T = 5 m);

H_1 - nivelul apei la debitul de calcul (H_1 = 3 m);

a_0 - înălţimea de izvorâre (a_0 = 0,4 m);

n - coeficient de corecţie pentru lungimea liniei de infiltraţie cu valori cuprinse între 1,15 - 1,87 pentru raportul L/T = 20 - 1,0.

În exemplul nostru : n = 1,77, T = 5 m, k = 10^{-2} cm/s = 10 m/zi, L = 24 m, se obţine

$$q_{if} = \frac{10^{-2}(3 - 0{,}4)5}{24 \cdot 1{,}77} 0{,}3 \cdot 10^{-4} m^3 / sm$$

Debitul specific total prin şi pe sub dig are valoarea:

$q_t = 3\ 10^{-4}\ m^3/sm$

Acest debit apare numai în timpul viiturilor, deci pe o perioadă scurtă de timp.

6. LUCRĂRI PENTRU CREAREA ŞI FIXAREA ALBIEI

Pentru realizarea şi fixarea în plan, în profil longitudinal şi în secţiunea transversală a albiei regularizate proiectată, sunt necesare lucrări de terasamente şi lucrări pentru fixarea albiei.

6.1. LUCRĂRI DE TERASAMENTE

Lucrările de terasamente care sunt necesare pentru realizarea albiei regularizată sunt următoarele:

- lucrări de terasamente pentru calibrarea albiei existente;
- lucrări de terasamente pentru realizarea unei albii minore noi;
- lucrări de terasamente pentru diguri, umplerea albiilor vechi sau de depresiuni, etc.

6.1.1. LUCRĂRI DE TERASAMENTE PENTRU LĂRGIREA ALBIEI

Terasamentele se execută în zonele în care albia minoră nu are secţiune suficientă, menţinându-se însă traseul existent.

Săpăturile (executate cu draglina), se realizează în anumite sectoare unde albia minoră este mai mică decât cea proiectată, fie datorită unui material mai rezistent, fie datorită unor colmatări.

Materialul rezultat din săpătură se transportă după caz, în corpul digurilor de apărare împotriva inundaţiilor, braţe moarte, diverse umpluturi în zone apropiate sau, când este posibil se împrăştie pe o anumită lăţime a malului. După săpătura executată cu draglina sau alt utilaj, taluzul malului se finisează la înclinarea taluzului stabil.

6.1.2. LUCRĂRI DE TARASAMENTE PENTRU ÎNGUSTAREA ALBIEI EXISTENTE

Terasamentele se execută în zonele în care se urmăreşte în plan traseul albiei minore existente, aceasta având însă o lăţime prea mare faţă de secţiunea necesară, de regulă datorită unor eroziuni laterale.

În aceste zone este necesar să se restrângă albia la dimensiunile proiectate, prin umpluturi cu pământ rezultat fie din adâncirea albiei, fie cu pământ adus din alte profile în care albia trebuie lărgită. Când însă pentru reprofilarea albiei sunt necesare volume prea mari de umpluturi de pământ, trebuie analizate şi alte soluţii utilizându-se şi alte materiale în locul pământului (de exemplu diguri de dirijare submersibile cu traverse de colmatare, epiuri, etc.). Aceste lucrări sunt adesea necesare şi în cazul când albia existentă este împărţită în mai multe braţe şi când prin proiectare este necesar să se creeze o singură albie principală (minoră).

6.1.3. LUCRĂRI DE TERASAMENTE PENRTU CREEREA UNEI ALBII MINORE NOI

Realizarea unei albii noi este necesară când se deviază albia pe un nou traseu părăsindu-se albia existentă, sau când se taie unele coturi nefavorabile ale albiei existente.

Săpăturile pentru realizarea albiei noi se execută de regulă cu draglina, excavatorul sau parţial cu screperul sau buldozerul.

În vederea realizării unei albii noi trebuie analizată cu mai mult discernământ, deoarece o rectificare abuzivă poate conduce la modificarea echilibrului dinamic al cursului de apă, care devine instabil. Pentru disiparea energiei, cursul de apă are tendinţa, în astfel de situaţii, să-şi formeze noi meandre prin procese active de eroziune, apărând necesitatea unor lucrări suplimentare de compensare a pantei sau de consolidare a malurilor.

Când situaţia locală nu permite supraînălţări de nivel la viituri, sau când materialul în care se excavează albia minoră este coeziv şi compact, albia nouă trebuie excavată la profilul transversal proiectat.

În unele situaţii se poate aplica şi metoda unui canal de străpungere (canal pilot) care se realizează cu o secţiune mai mică, urmând ca albia să se dezvolte la secţiunea finală prin autodragare, folosind energia de antrenare şi de transport a cursului de apă.

Lucrările de străpungere se fac pentru evitarea unei bucle prea pronunţate. Aceste lucrări comportă în general formarea unei albii unice, care se dimensioneazî astfel ca vitezele corespunzătoare debitului Q (p%) să nu depăşească pe cele din secţiunile naturale (amonte şi aval).

Panta fundului proiectat se va racorda cu panta existentă, totdeauna în aval, urmând ca eventuala denivelare să rămână în secţiunea amonte (fig. 34).

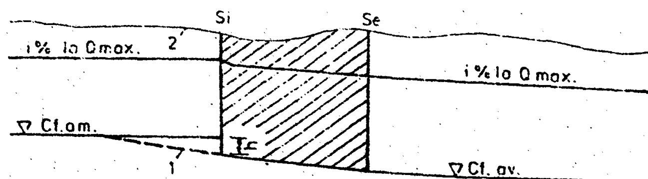


Fig. 34. Racordarea pantelor la tăierile de coturi.
1. Adâncire probabilă; 2. Linia malului;
S_i secțiunea amonte; S_e secțiunea aval.

În acest caz modificările ulterioare ale fundului albiei se vor produce regresiv și amonte de secțiunea de intrare, *fără a afecta lucrările din canalul de străpungere*. În cazul albiilor nisipoase, ușor afuiabile, în secțiunea de intrare (fig. 34) se vor proiecta praguri de fund pentru menținerea fundului proiectat.

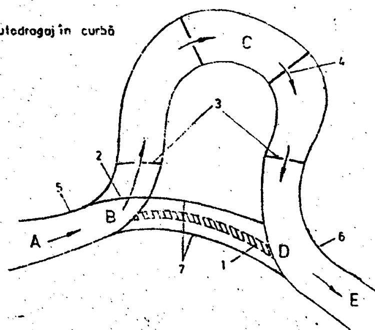
Străpungerile de cot pot fi prevăzute cu:

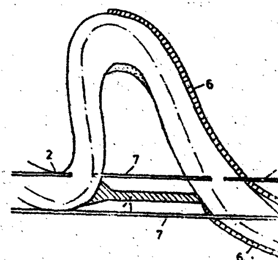
- secțiunea de curgere necesară, când curentul nu are capacitate de autodragare;
- secțiune redusă, în care caz se contează pe capacitatea de autodragare a curentului.

Canalul de străpungere (pilot) va avea:

- cota fundului, egală cu cota proiectată a fundului secțiunii integrale;
- secțiunea minimă a albiei nu trebuie să fie mai mică de 1/3.....1/4 din secțiunea albiei naturale (albie stabilă).

a. Canal de autodragaj în curbă





b. Amplasamentul canalului de autodragaj

Fig. 35. Străpungerea unui cot
1. Canal de autodragaj; 2. Închidere de albie; 3. traverse de colmatare; 4. Deschideri în traverse; 5. Dig de dirijare; 6. Lucrare de protecție; 7. Șanțuri umplute cu piatră

Afuierea maximă în punctul B pe canalul de străpungere, datorită scurtării traseului albiei prin tăierea cotului BCD (fig. 35) se calculează cu relația:

$$h_{af} = i\Delta l$$

unde: Δl - este scurtarea traseului albiei BCD; i - este panta medie a scurgerii pe traseul BCD, h_{af} - adâncimea afuierii datorită coborârii patului albiei în punctul B.

Coborârea de nivel, înainte de producerea afuierii fundului, se determină, orientativ cu relația

$$\Delta z = i(L - l)$$

unde:

Δz - este coborârea de nivel (m);
i - panta suprafeței libere a apei;
L - lungimea cursului (buclei), înainte de străpungere (m);
l - lungimea cursului după tăierea cotului (m)

iar distanța L pe care se întinde remuul de coborâre se determină aproximativ și acoperitor cu relația.

$$L_z = \frac{2\Delta z}{i}$$

în care:

L_z - este distanța pe care se întinde remuul (m);
Δz - coborârea de nivel (m);
- panta suprafeței libere a apei înainte de străpungere (m).

Determinarea exactă a acestor valori se face cu *ajutorul unui calcul de remu.*

Condiția ca un canal de străpungere (pilot) să se dezvolte prin autodragaj până la secțiunea de echilibru este ca:

$$v_1 > v_2 \quad \text{si} \quad \frac{R_1}{R_2} > \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^{\frac{3}{4}}$$

unde:

v_1 - viteza curentului în albia străpunsă pe traseul BD;
v_2 - viteza curentului pe traseul BCD,
R_1 și R_2 - razele hidraulice corespunzătoare;
l_1 și l_2 - lungimile celor două trasee BD și BCD.

O altă condiție necesară este ca efortul critic de antrenare τ_{cr} să fie mai mic decât efortul de antrenare ($\tau = \gamma_a h_1 i$) pe traseul BD,

$$\tau > \tau_{cr}$$

la debitele lichide la care, pe traseul AB, curentul nu transportă aluviuni.

Eforturile critice de eroziune τ_{cr} și vitezele critice corespunzătoare se iau din tabelul următor:

Nr crt	Natura materialelor albiei	Efortul critic de eroziune (kg/m^2)	viteza la supraf (m/s)	vitez. medie (m/s)	vitez. la fund (m/s)
1	nisip cuartos ϕ 0.20-0,4 mm	0,18...0,20	0,35	0,30	0,20
2	nisip obișnuit ϕ 0.4...1.0mm	0,25...0,30	0,40	0,35...0.40	0,25...0,30
3	nisip obișnuit ϕ 2 mm	0,40	0,50	0.40	0,30
4	nisip grăuntos	0.60...0.70	0,55...0.85	0,45...0.70	0.30

5	argilă tare	–	1,20	1,0	0,70
6	nămol fin uşor	0,30...0,30	0,35....0,18	0,30...0,15	0,08...0,12
7	lehm (lut) nisipos	1,10	0,60	0,50	0,35
8	nisip argilos	1,10	0,60	0,50	0,35
9	pietriş mărunt	1,25	0,95	0,80	0,53
10	pietriş mijlociu	4,50	0,95....1,20	0,80....1,0	0,55...0,70
11	pietriş mare	4,80	1,60....2,25	1,40...1,90	1,00...1,35
12	pietriş argilos	1,20....1,50	1,50	1,30	0,90
13	pietre late calcaroase	4,0.....5,60	–	–	–
14	pietre colţuroase	3,50.......4,50	2,10	1,80	1,25
15	pajişte cu iarbă (viitură de scurtă durată)	2,00......3,00	–	–	–
16	pajişte (viitură de durată)	1,50....1,80	2,10	1,80	1,25
17	brîzduire cu iarbă *bine fixată*	2,50....3,00	–	–	–
18	conglomerate	–	2,10	1,80	1,25
19	roci stratificate	–	2,50...2,75	2,00...2,25	1,80...1,40
20	roci dure	–	3,50....4,50	3,00...4,00	2,10...2,80

Siguranţa dezvoltării noului braţ se obţine în cazul în care debitul solid târât, calculat cu elementele albiei pe traseul BD este mai mare decât debitul solid târât calculat pe traseul BCD.

Lucrările de protecţia malurilor şi afuierilor canalului de străpungere, cât şi săparea canalului propiu-zis, se vor prevedea să se facă la adăpostul unor dopuri de închidere de pământ la racordarea cu traseul iniţial conform fig. 36, dopuri ce se vor îndepărta în momentul dirijării apei pe noul traseu:

***Străpungerea canalului pilot se prevede în axul traseului,* când străpungerea se face în linie dreaptă şi în jumătatea fâşiei interioare, către malul convex, opusă concavităţii, în cazul străpungerii curbe (fig. 35 b şi c).**

Pentru a ajuta dezvoltarea albiei pe traseul BCD se vor prevedea diguri de închidere (traverse) submersibile cu sau fără deschideri deversante (fig.35 b şi 36). La proiectarea lucrărilor de apărare din jurul podurilor trebuie să se ţină seama de remu şi de afuieri în regim regularizat, conform normativului PD 95 - 77.

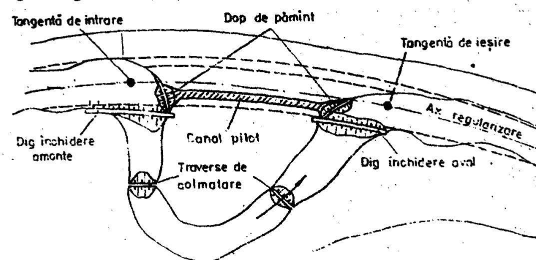


Fig. 36 Trasarea canalului pilot

6.1.4. LUCRĂRI DE TERASAMENTE PENTRU REALIZAREA DIGURILOR DE APĂRARE ÎMPOTRIVA INUNDAŢIILOR, A UMPLUTURILOR ÎN ALBIILE PĂRĂSITE

De regulă aceste terasamente se execută pentru regularizarea albiei majore a cursului de apă.

Digurile pentru apărarea împotriva inundaţiilor se execută cu pământul rezultat de la crearea albiei minore menţionate, din gropi de împrumut în zona dig - mal sau din cariere de pământ. Săpăturile şi umpluturile se realizează cu utilaje de săpat, mijloace de transport şi utilajele de compactare, cele mai adecvate pentru cazul respectiv.

La stabilirea surselor de pământ pentru executarea digurilor trebuie să se aibă în vedere:

- să fie cât mai apropiate, pentru a se reduce la minimum distanţele de transport;
- materialul să fie corespunzător din punct de vedere geotehnic;
- să se evite cât mai mult posibil scoaterea din circuitul productiv a terenurilor agricole. În acest caz se va urmări amplasarea carierelor de pământ pe terenuri neproductive.

6.2. LUCRĂRI PENTRU FIXAREA ALBIEI REGULARIZATE PROIECTATE

Albia regularizată proiectată şi creată prin lucrările de terasamente menţionate, trebuie ca în exploatare să fie stabilă. Sunt mai rare cazurile când o albie regularizată şi realizată numai prin lucrări de terasamente poate fi stabilă în timp, deoarece:

- de cele mai multe ori prin temă se cere o restrângere a albiei majore care conduce la mărirea vitezelor de curgere în albia minoră peste valorile vitezelor admisibile de neantrenare a materialului ce formează patul albiei regularizate proiectate;
- pentru obţinerea unor suprafeţe necesare construcţiei de obiective economice - sociale sau pentru extinderea suprafeţelor agricole, este necesar să se taie o serie de curbe (coturi) nefavorabile ale albiei existente, ceea ce conduce la mărirea pantei hidraulice şi deci a vitezelor. În aceste cazuri vor fi necesare unele protecţii de mal şi poate să apară necesitatea executării de praguri de fund îngropate sau chiar a unor căderi cu una sau mai multe trepte;
- în cazul lărgirii albiei existente, poate să apară ca necesară executatea unei apărări de mal, deoarece prin distrugerea protecţiei vegetale naturale, materialul pus pe malul nou creat poate fi antrenat de curentul de apă. Din această cauză, la lărgirea albiei existente, dacă malurile sunt protejate cu vegetaţie, este indicat să se lărgească albia pe unul dintre maluri, iar celălalt să se păstreze în situaţia naturală;
- când se crează o albie nouă, pe un traseu deviat, se impune fixarea malurilor prin lucrări dacă patul albiei viitoare este alcătuit din material necoeziv mărunt;
- lucrări de protecţie pentru fixarea albiei apar necesare şi în cazul îngustării unei albii naturale prea late sau împărţită în mai multe braţe.

Pentru a se fixa albia regularizată cu lucrări corespunzătoare se efectuează verificarea stabilităţii generale şi locale a albiei proiectate.

Verificarea generală se face ţinând seama de situaţia în care va funcţiona albia în comparaţie cu situaţia naturală, având în vedere:

- posibilitatea adâncirii fundului albiei, dacă sectorul de amenajat este situat în aval de o acumulare;

- modificarea debitelor de calcul față de situația naturală prin atenuări în amonte, dezatenuări, derivatii de debite, etc.;

- mărirea pantei hidraulice prin tăieri de coturi, devieri de albie,etc;

- natura materialului care va forma patul albiei (coeziv sau necoeziv).

Pentru verificarea stabilității albiei trebuie să se cunoască vitezele apei și forțele de antrenare care se vor realiza în albia regularizată. Verificarea stabilității albiei proiectate se face comparând vitezele de calcul care se vor realiza în viitor cu vitezele admisibile de neantrenare a materialului care va forma patul albiei.

Vitezele de apă medii care se compară, sunt cele calculate la nivelul de calcul (H_1) separat pentru albia minoră și pentru albia majoră. Calculul se face conform indicațiilor anterioare, adoptându-se rugozități corespunzătoare rezultate pe baza cercetărilor hidrogeologice pe teren a datelor obținute în alte sectoare apropiate ale râului respectiv, a datelor obținute pe sectoare ale altor râuri aflate în condiții analoage cu cele ale sectorului studiat sau pe baza tabelelor existente în literatura de specialitate.

De asemenea, este necesar să se studieze transformările albiei în profil longitudinal și în plan, după regularizare.

Pe baza concluziilor studiului transformării albiei în timp și a comparării vitezelor medii de calcul cu vitezele admisibile pentru diferite terenuri date în tabel, se poate stabili dacă albia este stabilă sau instabilă, dacă se execută numai lucrări de terasamente.

În cazul când albia este instabilă se apreciază și gradul de instabilitate și se trece la analiza diferitelor variante pentru lucrări, cu ajutorul cărora să se stabilizeze albia.

Pentru stabilizarea malurilor albiei regularizate, se poate folosi o gamă mare de lucrări care variază între cea mai simplă și mai ieftină lucrare, care este înierbarea taluzurilor și până la tipul cel mai greu de lucrare care poate fi de exemplu un zid de sprijin din beton.

Această gamă de lucrări poate fi împărțită în mai multe categorii ca de exemplu:

- apărări de mal;
- epiuri;
- diguri de dirijare submersibile;
- traverse de colmatare și consolidare;
- praguri de fund;
- căderi cu una sau mai multe trepte.

De asemenea, lucrările pentru fxarea albiei regularizate se mai împart în:

- lucrări cu *caracter pasiv* care opresc acțiunea dăunătoare a curentului dar care acționează direct asupra curentului de apă al râului (apărări de mal, praguri de fund îngropate etc);

- lucrări cu *caracter activ* care acționează asupra curentului de apă, schimbând caracteristicile acestuia (epiuri, diguri de dirijare submersibile, traverse de colmatare, închideri de albii, căderi, etc)

Pentru lucrările de fixare a albiei se poate utiliza orice material de construcție: pământul, piatra de râu și de carieră, lemnul sub diferite forme, betonul și betonul armat oțelul, materiale bituminoase, materiale plastice, etc.

Lucrările de fixare a albiei se alcătuiesc din elemente de construcție simple sau compuse: înierbare, fascine, peree din diferite materiale, cleionaje, pachetaje, garnisaje, cilindri de nuiele, rulouri de piatră, saltele de fascine, beton sau asfaltice, gabioane, căsoaie, carcase, reazeme pentru îmbrăcăminți, etc.

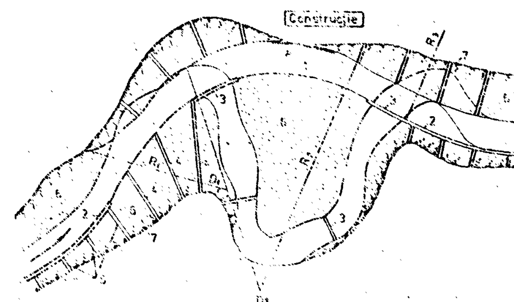


Fig. 37 Regularizarea unui sector de râu
1.Limită albie regularizată; 2. Dig longitudinal de dirijare; 3. Dig de închidere și colmatare; 4. Epiuri; 5. Traversă de compartimentare; 6. Albie majoră; 7. Mal înalt; 8. Consolidare de mal

Elementele de construcție se alcătuiesc dintr-un singur material sau,mai frecvent din mai multe materiale.

Cele mai des utilizate elemente de construcție, au fost tipizate de ICPGA în proiectul tip nr. 201/1980 sub denumirea de *Module pentru lucrări de regularizare a albiei râurilor*.

Din elemente de construcție se alcătuiesc diferite tipuri de lucrări care se pot aplica pe metru liniar de albie sau de lucrare.

Astfel, se pot realiza tipuri de lucrări pentru apărări de mal, pentru epiuri, pentru diguri de dirijare submersibile, pentru digurile de apărare împotriva inundațiilor, etc.

Se menționează că pe un sector de râu cu anumite condiții geotehnice și viteza apei mare, pentru fixarea albiei regularizate, se pot utiliza diferite genuri de lucrări și diferite secțiuni tip din diferite materiale. Alegerea genului de lucrări, și a materialelor de construcție se face pe baza analizei tehnico-economice la care trebuie să se țină seama de următoarele considerații:

- materialele să nu fie energo-intensive, preferându-se materialele locale pentru a nu fi transportate la distanțe mari în vederea reducerii consumului de combustibil;

- prevederea unor lucrări realizabile cu dotarea existentă a constructorului. Totodată este necesar ca de comun acord cu forurile de avizare și aprobare să se urmărească introducerea unor procese tehnologice și utilaje noi, în vederea măririi gradului de mecanizare și productivității muncii;

- evitarea sau reducerea la minimum a lucrărilor sub apă și a epuismentelor. În acest scop, planul calendaristic de executare a lucrărilor trebuie să fie strâns corelat cu nivelurile probabile din cursul de apă.

Este necesar să se evite pe cât posibil lucrările de regularizare rigide, monolite, pe fundații speciale: piloți, chesoane, radiere grele,etc., preferându-se cele care prin elasticitatea lor, pot urmării ușoar deformațiile și tasările patului albiei.

Adâncimea de fundare a lucrărilor de fixare a albiei trebuie să meargă până la adâncimea probabilă de afuiere. Dacă acest lucru nu este posibil, baza construcțiilor va fi protejată cu saltele masive din anrocamente din piatră brută, blocuri de beton, etc., ținându-se seama de adâncimea de afuiere.

La lucrările de regularizare cu caracter permanent, elementele din lemn nevegetativ se vor utiliza numai sub nivelul maxim al cursului de apă. Vegetaţia vie de pe taluzuri va fi prevăzută deasupra nivelului mediu multianual pentru a nu fi exfisiată de apă.

Cota coronamentului lucrărilor de fixare a albiei cu caracter activ este determinată de nivelul de regularizare şi de condiţiile de exploatare. Vor fi luate în considerare, când este cazul, şi înălţimea valului şi înălţimea de gardă.

La proiectarea lucrărilor de regularizare trebuie efectuate toate calculele şi verificările necesare dimensionării şi stabilităţii acestora, avându-se în vedere:

- stabilitatea generală şi locală a albiei;
- presiunile pe terenul de fundaţie (tasări, refulări, etc.);
- stabilitatea generală la alunecare şi răsturnare;

stabilitatea elementelor izolate sub acţiunea de antrenare a curentului de apă, valurilor, gheţurilor;

- stabilitatea taluzurilor.

6.3. LUCRĂRI DE APĂRARE

6.3.1. CRITERII DE BAZĂ LA ALEGEREA SOLUŢIILOR

Prin lucrări de apărare se înţelege orice tel de construcţie inginerească care are drept scop să protejeze malurile sau infrastructura căilor de comunicaţie şi lucrărilor de artă, împotriva acţiunii de erodare sau afuiere a curentului apei, valurilor, gheţii, plutitorilor, etc.

Lucrările de apărare au în general un caracter local, limitat la zonele din apropierea traseului căilor de comunicaţie cu cursul de apă. Ele trebuie însă tratate astfel ca să se încadreze într-un plan general de amenajare, privind întregul curs de apă. Lucrările se vor prevedea cu încastrări corespunzătoare în malurile stabile ale cursului de apă.

În alegerea soluţiilor se va ţine seama de următoarele:

- de condiţiile specifice ale curgerii concretizate prin elementele rezultate din calcul (Q(p%), v şi i) şi în final înălţimea h a nivelului liber al apei, corespunzător lui Q(p%) pentru care se dimensionează construcţiile de apărare;
- de natura terenului în albie şi în maluri şi de morfologia albiei naturale în general;
- de posibilităţile şi evoluţia în timp a erodării sau afuierii albiei;
- de posibilităţile de procurare a materialelor de construcţie sau de folosire a materialelor locale, precum şi de posibilităţile de depozitare şi organizare a execuţiei.

La alegerea soluţiilor de apărare, trebuie analizate în plus:

- solicitările datorită valurilor (în special în cazul lacurilor de acumulare sau râurilor navigabile);
- solicitările datorită gheţii;
- solicitările datorită plutitorilor.

Se vor evita soluţiile care ar aduce modificări sau schimbări bruşte în regimul de curgere al curentului, prin modificări de secţiune neracordată hidraulic sau ieşinduri mari din linia generală a lucrării.

La traversarea oraşelor sau altor localităţi se va avea în vedere înscrierea lucrărilor în ansamblul arhitectonic local, precum şi adaptare lor la tipurile de lucrări existente.

În cazul refacerii unor lucrări care au fost spălate de viituri, proiectantul va trebui să examineze dacă este oportun să se menţină vechea soluţie sau să se adopte un alt sistem de apărare. În general, în acest caz, rezolvarea constă în adoptarea unei soluţii cu lucrări complexe de regularizare.

6.3.2. CLASIFICAREA LUCRĂRILOR DE APĂRARE

a). După acţiunea lor asupra curentului, lucrările de apărare se împart în următoarele grupe:

- apărarea terasamentelor drumurilor, căilor ferate şi podurilor, denumite pe scurt: apăriri de maluri;
- lucrări de regularizare sau rectificări de albii cu caracter local.

Apărările de maluri sunt lucrări cu caracter pasiv care opresc acţiunea dăunătoare a curentului, fără să modifice caracteristicile acestuia. Ele abat gradat curentul din porţiunile spălate ale malului, creând condiţii pentru curgerea paralelă în dreptul diferitelor construcţii hidrotehnice (prize, baraje) şi poduri.

Apărările de mal se fac diferenţiat după nivelurile caracteristice ale apei.

a) Nivelurile caracteristice după care se zonează malul în vederea proiectării apărărilor sunt conform fig.38.

- etiajul, nivelul minim convenţional al cursurilor de apă navigabile stabilit în diferite feluri; cel mai frecvent este nivelul asigurat 335 de zile din anul cu asigurarea de 95%;
- nivelul apelor mici, aproximativ nivelul corespunzător Q(80%);
- nivelul mediu;
- nivelul de calcul, corespunzător lui Q(p%);
- nivelul de verificare, corespunzător lui Q(p%).

b) Zona I, fiind situată deasupra nivelului de calcul este cea mai rar supusă acţiunii curentului şi de aceea în această zonă se prevăd lucrări de apărare mai uşoare.

c) Zona a II-a, aflată între nivelul mediu şi nivelul de calcul pentru Q(p%), este zona cea mai frecvent supusă variaţiilor apei şi acţiunii gheţii.

Pentru această zonă, lucrările de apărare trebuie să fie mai rezistente, dimensionându-se în funcţie de natura terenului şi în fucţie de eforturile date de curent, valuri sau gheaţă.

Lucrările de apărare ce se vor prevedea pentru zona I şi a II-a se pot executa în perioade cu nivel de apă scăzut.

d) Zona cea mai importantă pentru stabilitatea malului este zona situată permanent sub nivelul apei (a III-a).

Apărarea din această zonă constitue elementul de sprijin al întregului mal, de aceea la proiectarea ei trebuie să se ţină seama de viteza curentului şi de condiţia de stabilitate generală. De asemenea, în alegerea tipului de apărare se va ţine seama şi de condiţiile de lucru sub apă şi de gradul de afuiere al albiei.

Apărările de mal trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

- să fie stabile la orice schimbare a nivelului apei;
- să suporte în bune condiţii acţiunea dinamică a valurilor sau presiunea gheţii şi a plutitorilor;
- să-şi menţină efectul de apărare şi în cazul modificărilor de viteză sau de direcţie a curentului;
- să fie rezistente la variaţii de temperatură, la tasări, la acţiunea apelor subterane, precum şi la acţiunea chimică a apei.

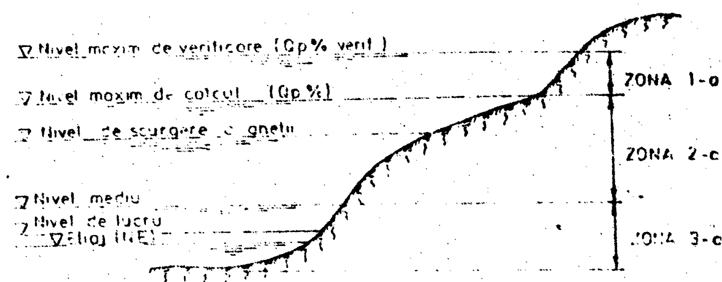


Fig. 38. Zonarea malului după niveluri.

Apărările de mal se împart în:
- apărări de maluri deasupra nivelului mediu al apelor;
- apărări de maluri sub nivelul mediu al apelor;
- apărări speciale (susţineri şi consolidări de maluri).

Apărarea directă a taluzurilor malurilor se face:
- în principal, prin lucrări masive permanente, care odată realizate necesită doar întreţinerea curentă în exploatare şi reparaţii şi intervenţie în punctele cu degradări întâmplătoare;
- incidental, cu lucrări uşoare provizorii, cu caracter de intervenţie.

În practică, pentru apărarea profilului malului ca un întreg, se recurge la combinarea unor îmbrăcăminţi de protecţie şi consolidări, asociate cu mijloace naturale existente în vecinătate.

6.3.3. APĂRĂRI DE MAL DEASUPRA NIVELULUI MEDIU AL APELOR

Lucrările pentru apărarea malurilor deasupra nivelului mediu, sunt lucrări de protecţie biologică sau din diverse materiale ca: înierbări, brăzduiri, plantaţii de salcie, cleionaje, fascine din nuiele, pereuri uscate din piatră brută, pereuri zidite din piatră brută, pereuri din beton, îmbrăcăminţi bituminoase, mase plastice, geotextile, saltele din gabioane.

Domeniul de aplicare al acestor tipuri de apărări este prezentat după cum urmează:

Lucrări de protecţie biologică (lucrări vegetative)
Protecţie prin înierbare

Protejarea malurilor prin înierbare se poate realiza în toate cazurile în care forţa de antrenare a apei nu depăşeşte 0,5 - 1,0 kgf/m². De obicei înierbarea se aplică în zona I-a peste nivelul maxim de calcul, unde malul este inundat foarte rar. Reuşita unei astfel de protecţii depinde în mare măsură de alegerea judicioasă a amestecului de ierburi în funcţie de natura pământului şi condiţiile climatece

Orientativ, în tabelul de mai jos se prezintă cantităţile de seminţe necesare pentru realizarea unei bune înierbări.

Specia	Cultură pură (kg/ha)	Amestec (%)	Amestec (kg/ha)
Lolium perene	30	20	10,50
Festuca pratensius	35	20	9,00
Dactylla glomerato	25	20	8,50
Dromus imermis	40	15	10,50
Lotus corniculatos	15	15	4,50
Trifolium repeus	12	15	3,50
TOTAL	-	100	46,50

Protecţia malurilor prin plantaţii.

Se foloseşte pentru zona a II-a şi I-a a taluzurilor malurilor utilizându-se specii cu lemn moale (salcie, răchită, plop,), salcia fiind cea mai indicată având în vedere dezvoltatrea rapidă, vitalitatea şi faptul că rezistă la solicitări mari, putând da rezultate pozitive chiar şi în cazul forţelor de antrenare de până la 4 kgf/m².

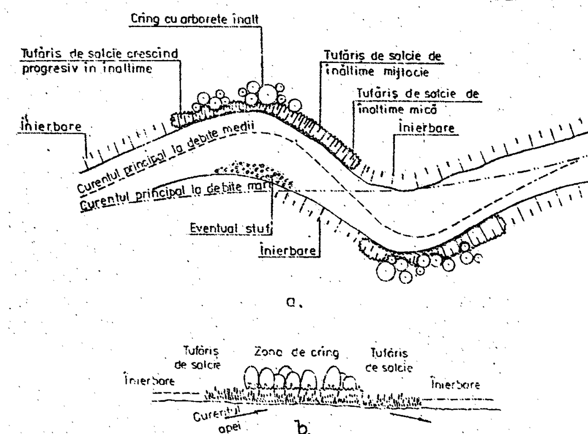


Fig.39 Amenajarea cu protecţie biologică a unui curs de apă cu diferenţe între malul convex şi cel concav

Pentru a se obţine bune rezultate este necesar să se aibă în vedere următoarele:

- Salcia se dezvoltă bine numai în condiţii de lumină nesuportând umbra. În amestec cu alte esenţe lemnoase îşi pierde repede vigoarea, astfel că plantaţia trebuie supraveghiată înlăturând ceilalţi arbori.

-Rădăcina salciei acoperă o mare suprafaţă fără a pătrunde însă prea adânc în pământ. De aceea, mai ales la plantaţiile tinere, o îmbrăcăminte de iarnă stânjeneşte dezvoltarea rădăcinilor, putându-se provoca chiar axfisia.

- Pentru a creşte, salcia are nevoie de căldură, cu condiţia ca temperaturile ridicate să nu fie însoţite de o scădere apreciabilă a apei în cursul de apă, rădăcinile având nevoie de apă îndeosebi în lunile aprilie - mai.

- Plantaţiile de salcie pot sta 7-8 zile complet sub apă fără a suferi. Pot fi inundate chiar câteva săptămâni cu condiţia ca unele ramuri ale coroanei să rămână deasupra apei.

De asemenea, la aplicarea unei astfel de protecţie trebuie ţinut seama de următoarele condiţii limitative:

- taluzul malului nu trebuie să fie cu înclinarea mai mică de 1:1,5, cel mai indicat fiind panta de 1:3;

- butaşii de salcie necesită minimum o perioadă de vegetaţie pentru a-şi dezvolta rădăcinile capabile să reziste la acţiunea apei. De aceea, este indicat ca protecţia taluzului să fie realizată deasupra nivelului mediu multianual;

- patul albiei trebuie fixat prin lucrări corespunzătoare, deoarece plantaţiile nu pot stăvili eroziunea de adâncime sau eroziunea laterală, la piciorul malului;

- plantaţiile nu trebuie folosite la cursuri de apă cu pantă foarte mică (sub 0,2%) sau cu lăţimi ale fundului sub 5 m, existând riscul ca vegetaţia să obtureze secţiunea de scurgere.

Protecţii prin împletituri de nuiele

Se disting următoarele tipuri de lucrări:
- împletitură simplă;
- împletitură dublă;
- cleionaje

Împletitura simplă, se foloseşte sub formă de gărduleţe dispuse în lungul taluzului (paralel cu albia râului) pentru a fixa şi proteja îmbrăcămintea vegetală. Gărduleţul se realizează din butaşi lungi de cca. 40 cm, înfipţi în pământ la distanţa de 30 cm unul de celălalt, iar partea aeriană a acestora se împleteşte în mod continuu.

Împletitura dublă, se utilizează în acelaşi scop, fiind constituită din nuiele de salcie plantate la o adâncime de 20 - 30 cm şi împletite în jurul unor ţăruşi distanţaţi la 25 cm. Înălţimea gărduleţului este de cca. 10 cm.

Cleionajele sau caroiajul din gărduleţe simple din nuiele este dispus pe două direcţii, formând pe taluz un caroiaj cu latura de 1 - 1,5 m. Nuielele sunt împletite în jurul unor ţăruşi cu diametrul de 4 - 10 cm, cu lungimea de 40 - 70 cm, dispuşi la distanţa de 30 - 50 cm. Spaţiul dintre gărduleţe se umple cu pământ, sau cu piatră de râu.Conform cu STAS 2916-73, cleionajele se aplică pe taluzurile cuprinse în zona a II-a şi se folosesc de asemenea la apărarea digurilor din albia majoră sau la protecţia sferturilor de con ale podurilor.

Protecţii prin îmbrăcăminţi de nuiele

Pachetajele de nuiele reprezintă o protecţie prin acoperire a taluzului, cu material capabil să vegeteze imediat, protejând şi totodată consolidând malul. Pachetajele sunt snopi de nuiele sau fascine aşezate pe taluz în grosime de 10 - 30 cm. fixate prin ţăruşi şi transversal prin fascine, sau sârmă (fig. 40).

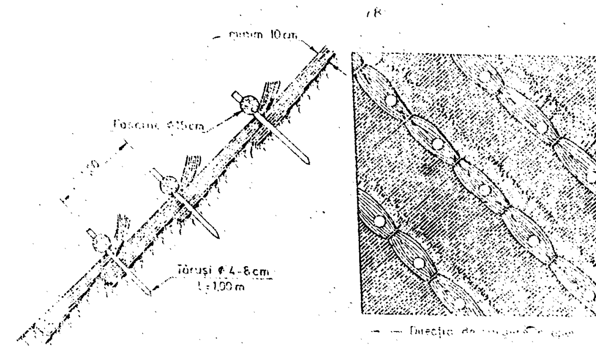


Fig 40 Pachetaje de nuiele

Domeniul de aplicare a pachetajelor

Grosimea pachetajului (cm)	Viteza medie a apei la debitul de calcul (m/s)
10	2,0 - 2,5
20	2,5 - 3,0
30	3,0 - 3,5

Garnisajul de nuiele constituie o protecţie formată dintr-un strat de nuiele aşezate paralel cu direcţia curentului de apă. Nuielele se fixează prin ţăruşi şi sârmă. Garnisajul se acoperă cu un strat subţire de pământ pentru a favoriza lăstărirea (fig. 41).

Domeniul de aplicare a garnisajelor.

Grosimea garnisajului (cm)	Viteza medie a apei la debitul maxim de calcul (m/s)
10	2,0 - 2,5
20	2,5 - 3,0
30	3,0 - 3,5

Condiţii de aplicare.

- se execută pe taluz, stratul de nuiele paralel cu direcţia curentului, iar ţăruşi plantaţi perpendicular, la distanţa de maxim 1,2 m.

- nuielele sunt din esenţă moale, în stare verde cu ϕ maxim 4 cm.

- garnisajul se acoperă cu un strat subţire de pământ pentru a favoriza lăstărirea

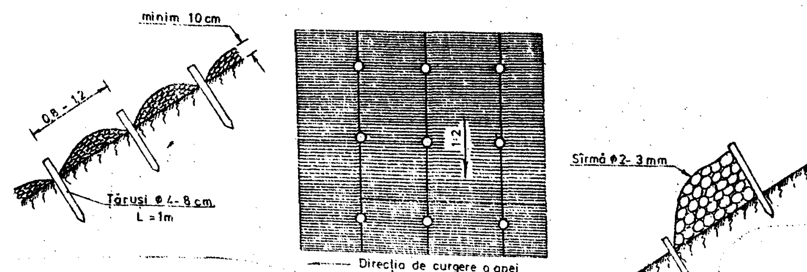


Fig. 41 Garnisaj de nuiele

Reazime pentru protecții biologice

Reazimele pentru protecțiile biologice se prevăd în aceleași condiții ca la celelalte tipuri (secțiuni) de protecție menționate. De asemenea, elementele de construcție sunt similare celor prezentate în capitolul anterior

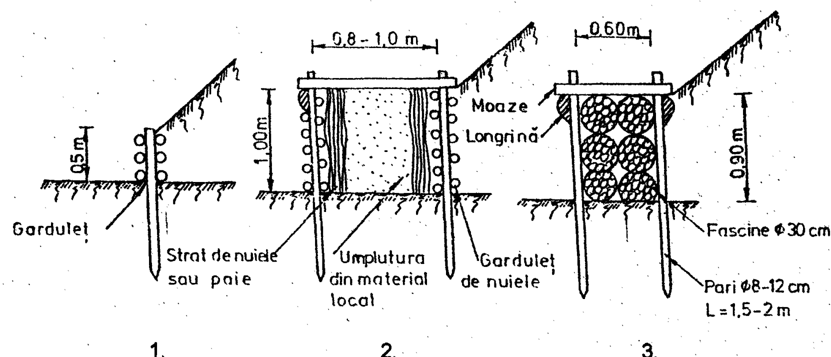


Fig. 42 Reazime pentru sprijinirea apărărilor, protecția bazei taluzului împotriva afuierilor
1. Gărduleț de nuiele; 2.Cleionaje cu umplutură din material local;
3. Cleionaj cu umplutură din suluri de fascine.

Condiții de aplicare pentru cleionaje și gărdulețe
- Se utilizează la albii fără afuieri.
-În cazul albiilor afuiabile se pot folosi tipurile 2 și 3, așezate pe saltea de fascine.
- La tipul 2 în cazul folosirii bolovanilor de râu nu mai este necesar stratul de protecție din nuiele sau paie.
- Parul de fixare pentru soluția 1 trebiue să fie din aceeași esență ca și nuielele.

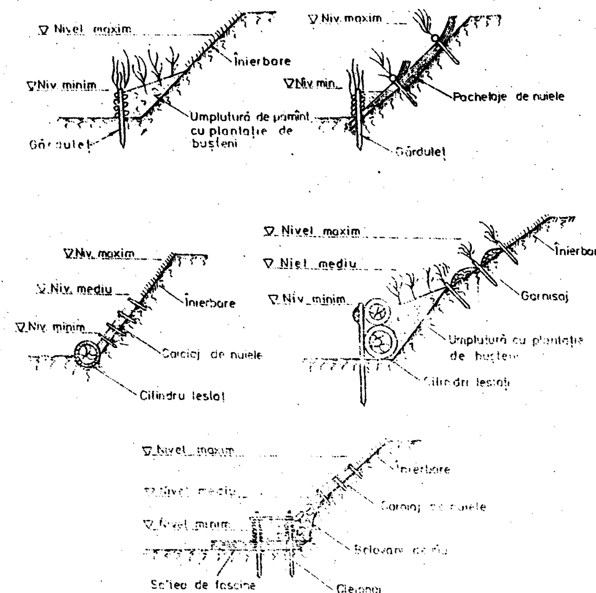


Fig. 43 Secțiuni pentru apărări de mal vegetative

Pereu din piatră brută

Pereurile uscate din zidărie de piatră brută se proiectează pentru protejarea taluzurilor cu o înclinare mică (< 1:2), sub unghiul de frecare interioară (fig. 38 a).

Când terenul de protejat este necoeziv, sub pereul uscat se așeză obligatoriu filtru de protecție pentru a anihila fenomenul de sufozie .

Pereul din piatră brută care are rosturile dintre elemente zidite cu mortar de ciment, sau când este așezat pe o fundație de beton, se numește pereu zidit (fig. 44 b și fig. 44 c)

Aceste pereuri fiind rigide nu se vor așeza pe taluzurile rambleelor proaspete și nici pe terenurile tasabile sau loessoide.

La taluzurile din materiale necoezive nu se vor folosi pereuri zidite pe fundație de beton, datorită pericolului de degradare prin fenomenul de sufozie.

În acest caz se pot folosi pereurile rostuite cu mortar pe un pat drenant din piatră spartă.

La malurile inundabile, pereul se va continua peste creasta malului cu cca. 1,0 m pentru a evita spălarea lui la retragerea apelor.

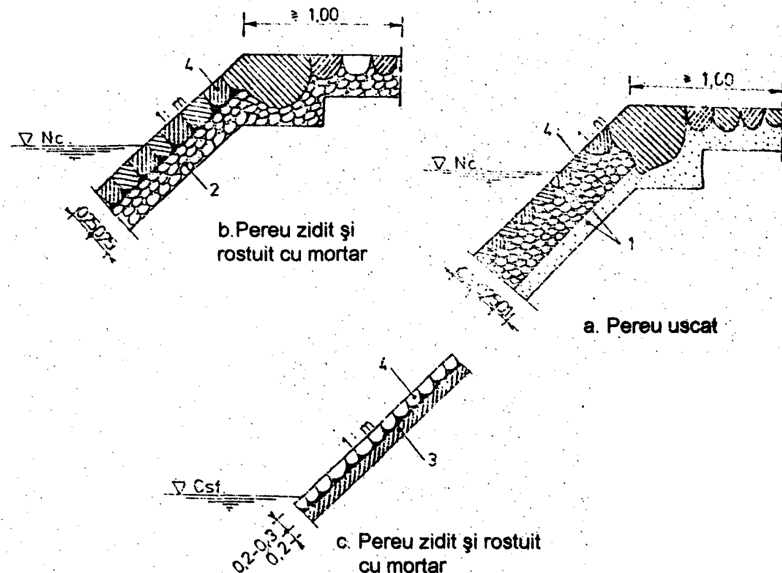


Fig. 44. Pereu din zidărie de piatră brută
1. Filtru de protecţie din nisip şi piatră spartă
2. Pat drenant din piatră spartă
3. Strat din beton simplu
4. Piatră brută

În acest caz se pot folosi pereurile rostuite cu mortar pe un pat drenant din piatră spartă.

La malurile inundabile, pereul se va continua peste creasta malului cu cca. 1,0 m pentru a evita spălarea lui la retragerea apelor.

Apărări de mal din beton simplu şi beton armat

Apărările cu beton simplu şi beton armat se folosesc pe sectoarele cursurilor de apă cu viteze mari de curgere, unde se găsesc produse de balastieră locale ieftine şi acolo unde lipseşte piatra brută, iar transportul acesteia din altă parte ar costa foarte mult.

Pereurile se realizează din:
- beton turnat pe loc;
- dale prefabricate din beton (fig. 45 şi fig. 46).

Ca şi pereurile din piatră brută, pereurile din beton se vor aşeza pe un pat drenant.

Dozajul de ciment va fi astfel ales încât să se mărească impermeabilitatea, rezistenţa la îngheţ şi uzură, folosindu-se evemtuale adaosuri plastifiante.

Pereurile din beton armat sunt indicate în zonele foarte solicitate de curent şi valuri, unde sunt de aşteptat tasări importante

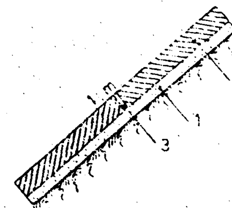


Fig. 45. Pereu din beton simplu turnat pe loc
1. Pat drenant
2. Beton simplu
3. Rost

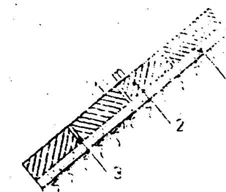


Fig. 46 Pereu din dale prefabricate din beton simplu
1. Pat drenant
2. Dale prefabricate
3. Rost

Armăturile se aşează la mijlocul secţiunii dacă grosimea plăcii este sub 15 cm şi în două rânduri pentru grosimi mai mari, procentul de armare fiind cuprins între 0,3....0,5 %.

Rosturile de construcţie pentru betonul simplu se vor prevedea la 3... 7 m, iar pentru betonul armat la 10..15 m. Rosturile de dilatare, atât pentru betonul simplu cât şi pentru betonul armat se vor prevedea la 20...25 m.

Dalele prefabricate se vor dimensiona la solicitările de exploatare (statice şi hidrodinamice), precum şi în funcţie de condiţiile de lucru şi de posibilitatea de punere în operă. Grosimea lor minimă este condiţionată de asigurarea armăturii împotriva coroziunii şi de rezistenţă a plăcii.

Dalele pot fi prevăzute cu rosturi deschise sau cu rosturi închise.Ele se vor aşeza obligatoriu pe un pat drenant.

Pentru apărarea taluzurilor situate sub nivelul apei se vor prevedea protejări flexibile din dale de beton, solidarizate cu articulaţii demontabile sau nedemontabile, cu cabluri zimţate ce trec prin găurile prevăzute special în plăci. Aceste protejări se ancorează la partea superioară a taluzului, la creasta acestuia (fig. 47 a şi b)

O soluţie mai economică este aceea de a fixa dalele de beton pe o placă din material plastic sau din fibră de sticlă.

În fig. 48 a dalele sunt prevăzute cu găuri circulare care permit ieşirea apei de infiltraţie din taluzuri, ceea ce conduce la diminuarea subpresiunilor.

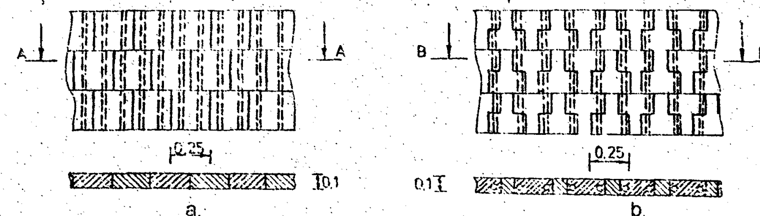


Fig. 47 Plăci prefabricate folosite la protecţia taluzurilor

În fig. 48 b se prezintă o protecție cu rame din beton ce se încastrează în taluz și se umplu parțial cu piatră.

Figura 48 c sunt prezentate dalele cu proeminențe utilizate în zonele cu valuri și care au rolul de a reduce înălțimea de ridicare a acestora pe taluz.De asemenea reduc viteza și energia valurilor prin frecările mari create de nervuri și prin reținerea maselor de apă în golurile compartimentelor.

În fig. 49 și 50 sunt prezentate două tipuri de apărări de mal cu pereuri din dale din beton. Aceste lucrări nu se pot executa decât la uscat sau la niveluri foarte joase.

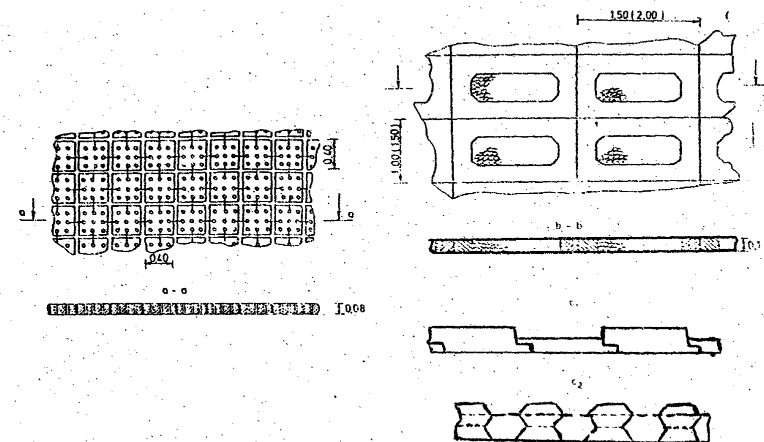


Fig. 48 Variante de prefabricate pentru protejarea taluzurilor

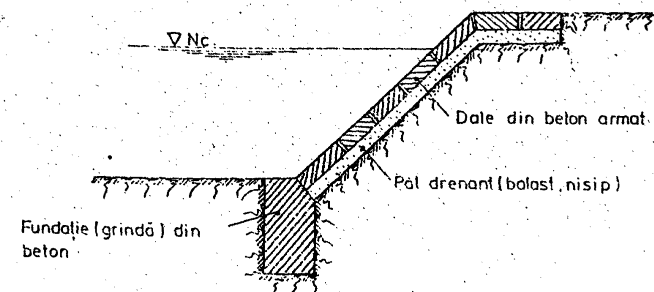


Fig 49 Apărare de mal cu dale din beton armat.

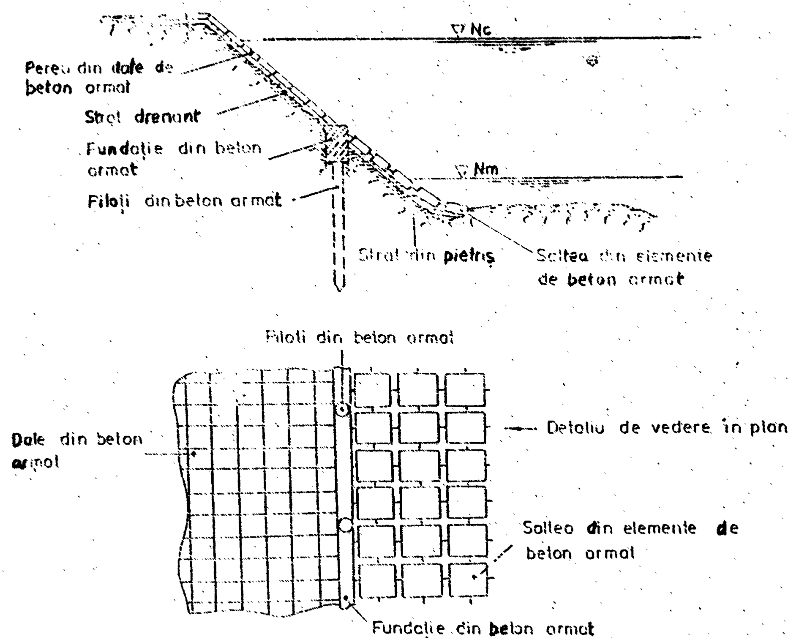


Fig. 50 Apărare de mal cu pereu din dale de beton, piloți și saltea din elemente prefabricate din beton armat

Apărările cu îmbrăcăminți asfaltice sau bituminoase

Acest tip de apărare este indicat la impermiabilizarea fundului și taluzurilor canalelor noi și la etanșeizarea digurilor (fig. 51):

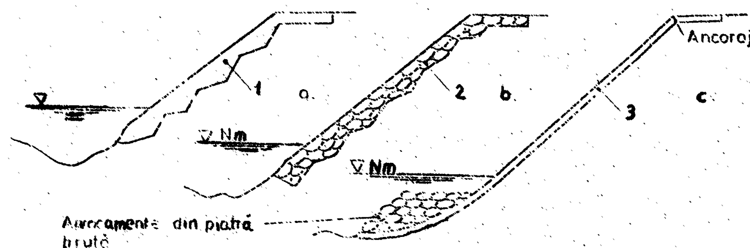


Fig. 51. Îmbrăcăminți bituminoase sau asfaltice
a 1 beton asfaltic; b 2. piatră înglobată în asfalt;
c 3. saltea din trei rânduri de pânză asfaltică.

Cea mai simplă protejare asfaltică se obține prin așternerea unui strat de liant bituminos peste un strat de piatră spartă răspândită și îndesată în prealabil pe taluzul sau fundul canalului (fig. 51 b).

Un alt tip de îmbrăcăminte o constituie betonul asfaltic sau betonul bituminos în grosime de 6.....8 cm așezat direct pe taluz sau peste un strat de piatră spartă sau beton poros.

Pentru protecția taluzurilor situate sub apă se vor folosi plăci prefabricate din asfalt sau saltele asfaltice confecționate pe uscat, care vor fi lestate la piciorul taluzului cu piatră brută, iar asigurarea la alunecare pe taluz, se va face prin ancorarea lor la creasta taluzului (fig. 51 c).

Cu toate că este elastică și mai ieftină, această protejare prezintă și unele dezavantaje ca:

- alunecarea pe taluz sub acțiunea greutății proprii;
- înmuierea și curgerea pe taluzuri cu înclinarea mare (> 1,5) la temperaturi ridicate;
- sunt degradate ușor de gheață sau rădăcinile plantelor.

Îmbrăcămințile din mase plastice cu policlorură de vinil (PVC), se utilizează la apărarea malurilor și taluzurilor cu pante mai mici de 1:3, fiind așezate pe un pat bine nivelat, de obicei pe un strat de nisip. Pentru a împiedica alunecarea acestor îmbrăcăminți pe taluz, se vor ancora la partea superioară. Datorită grosimii lor reduse (de câtiva centimetrii), aceste îmbrăcăminți sunt vulnerabile la lovituri, putând fii străpunse de ancore, rădăcini de plante, ghețuri, etc.

Pentru prevenirea unor astfel de situații, pot fi acoperite cu un strat de protecție care le apără și de acțiunea directă a soarelui.

Îmbrăcămintile armate cu fibre, servesc la alcătuirea saltelelor și țesăturilor care pot înlocui filtrele de protecție.

Geotextilele, ca materiale tehnice confecționate din fibre din polimeri sintetici cu proprietăți filtrante, filtrant - drenante, de armare și consolidare a masivelor de pământ, servesc la apărări și consolidări de maluri, diguri, lucrări de drenaj, construcții pe terenuri dificile, etc.

Apărarea sau protejarea taluzelor de eroziuni se realizează cu covoare din geotextile însămânțate pe taluzuri bine finisate în zonele I-a și a II-a.

Datorită rezistenței lor ridicate, geotextilele pot înlocui filtrul de protecție din material granular la apărările de maluri.

Geotextilele mai sunt folosite și la alcătuirea saltelelor ca: saltele din geotextil, înlocuitoare de fascine și acoperită cu piatră brută, saltea mixtă din geotextil și un caroiaj de fascine. (1) (2)

Având greutatea propie foarte redusă și datorită ușurinței de punere în operă, geotextilele sunt mai des folosite la lucrările de apărare a terasamentelor (fig.52).

Protejarea malurilor cu saltele de gabioane ?

Saltelele din gabioane se aplică pe taluzuri situate permanent în apă (la rambleele situate în zona lacurilor de acumulare) și unde alt sistem de apărare nu este indicat, precum și în cazul când vitezele depășesc 5 m/s.

Grosimea saltelei va fi cuprinsă între 0,30....0,50 m în funcție de natura terenului.

În fig.47 se arată o protecție de taluz cu saltea din gabioane.

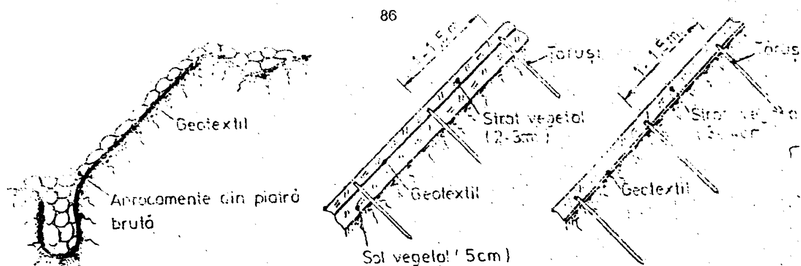
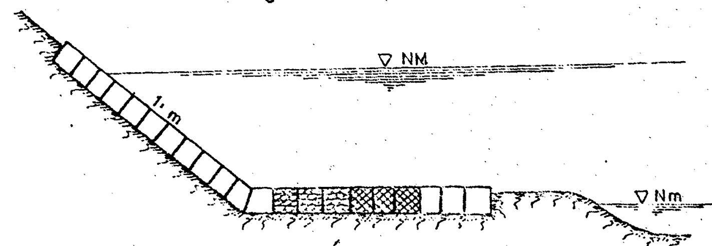
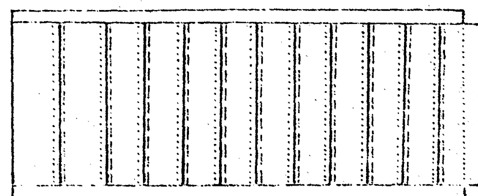


Fig. 52. Protecții cu geotextile





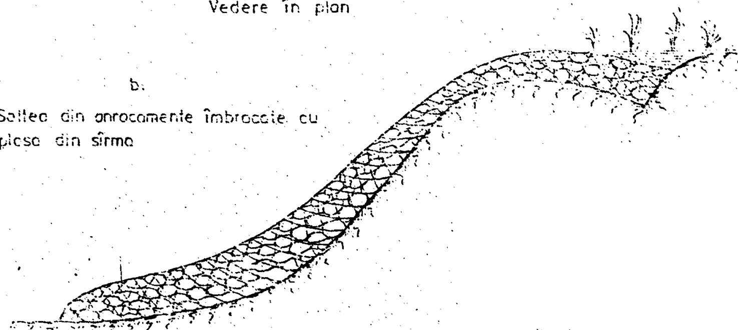


Fig. 53 Protejarea malurilor cu saltele din gabioane (a) și din plase de sârmă umplute cu anrocamente (b)

Lucrarea care se proiectează sub nivelul mediu fiind cea mai importantă, trebuie să fie și cea mai robustă, urmând să îndeplinească următoarele condiții:

- să preia afuierile maxime ale fundului albiei;
- să reziste la acțiunea de târâre a curentului de apă;
- să reziste prin frecare pe fund la lunecarea rambleului sau a malului în apă;
- să constituie în același timp și reazemul pentru lucrarea de protecție a taluzurilor.

Lucrările sub nivelul mediu al apelor pot fi alcătuite din:

- fundația din beton sau zidărie din piatră brută;
- prism din anrocamente din piatră brută;
- prism din anrocamente din piatră brută pe saltea.

Fundație de beton simplu, beton ciclopian sau zidărie din piatră (uscată sau cu mortar de ciment, fig. 54)

Aceste lucrări se pot proiecta:

- în albii la care roca de bază se găsește la suprafață (maxim 50.....60 cm);
- când există posibilitatea devierii curentului din zona de lucru;
- la protejarea digurilor de apărarea împotriva inundațiilor;
- în albia majoră a râurilor.

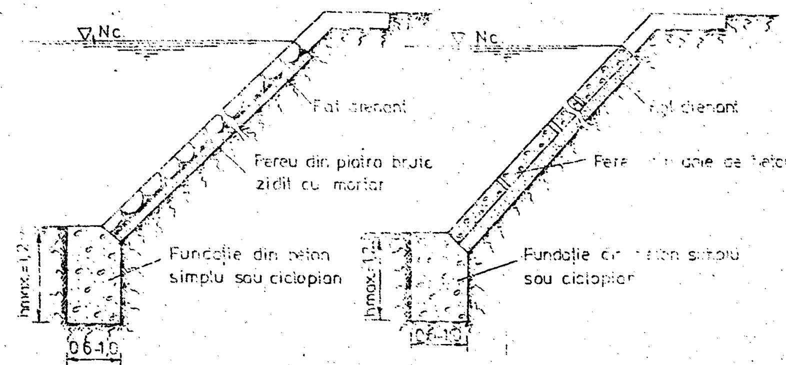


Fig. 54. Apărări de maluri cu pereuri pe fundații de beton

Adâncimea minimă a acestor lucrări va fi sub limita de îngheț și maximum la 1,20 m de la nivelul terenului. Se vor continua deasupra nivelului mediu al apelor cu lucrări adecvate de protejare a taluzului (fig. 53, 54, 55 și 56).

Prism din anrocamente din piatră brută

Aceste apărări se aplică pe sectoare de râuri pe care nu se pot produce afuieri mari și unde nu se poate devia curentul pe timpul execuției.

Coronamentul prismului se va proiecta cu 0,20...0,30 m deasupra nivelului mediu, iar lățimea va fi de 1,0...2,0 m corespunzător condițiilor de stabilitate și pentru a permite o întreținere ușoară a lucrărilor. Prismul din anrocamente se va continua deasupra coronamentului cu o îmbrăcăminte de taluz adecvată.

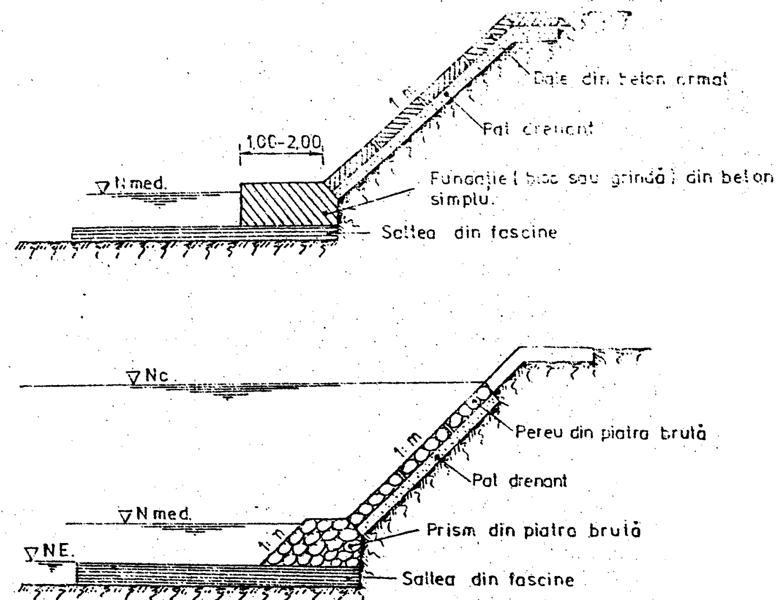


Fig. 55 Apărări de maluri cu pereu, pe prism sau grindă din beton şi saltea din fascine

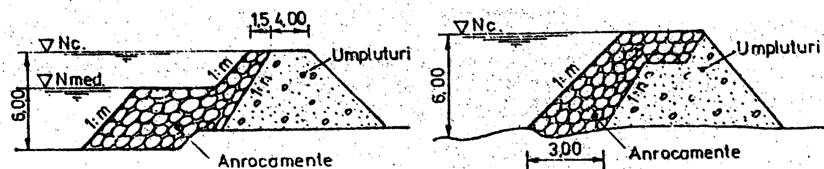


Fig.56. Apărări de maluri cu anrocamente.

Saltelele de fascine se utilizează în cazurile în care patul albiei este alcătuit din material fin necoeziv, adâncimea de afuiere fiind mai mare de 1,0 m şi atunci când cursul de apă are debit permanent, însă cu o viteză medie la debitul de calcul mai mică de 3,5 m/s.

6.3.4. APĂRĂRI, SUSŢINERI ŞI CONSOLIDĂRI DE MALURI

Lucrările de apărare din această categorie sunt indicate la apărarea malurilor, îndeosebi, în cazul albiilor înguste, având totodată şi rolul de susţinere şi consolidare. Aceste lucrări se pot realiza cu:

- gabioane;
- ziduri de apărare (sprijin);
- căsoaie;
- piloţi simplii sau ancoraţi;

Gabioanele, ca elemente din plasă de sârmă umplute cu piatră brută se aplică la apărarea malurilor, în special la cursurile de apă unde bolovanii se pot extrage chiar din albie şi acolo unde fundul albiei este mobil şi în general, peste tot unde se impune o lucrare cu caracter mai stabil, unde vitezele depăşesc 5 m/s şi unde, din cauza situaţiei şi caracterului cursului de apă, nu se pot executa lucrări din fascine, iar cele din zidărie pe fundaţii adânci ar fi prea costisitoare.

Gabioanele se pot folosi parţial şi la fundaţia unei lucrări expuse afuierii, pentru preluarea eventualelor eroziuni şi tasări.

În fig. 57 sunt prezentate diferite tipuri de apărări şi consolidări de maluri cu gabioane şi saltele din gabioane.

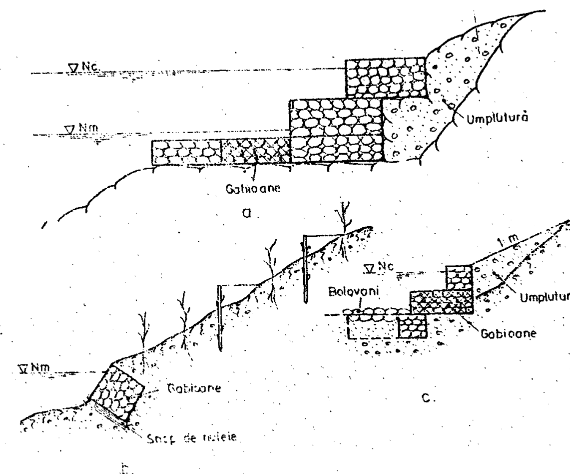


Fig. 57 Apărări şi consolidări de maluri cu gabioane

Zidurile de apărare sunt construcții din zidărie de piatră brută, beton simplu, beton armat, din zidărie mixtă, sau elemente prefabricate. Zidurile de sprijin sunt indicate ca elemente de apărare a malurilor în cazul albiilor înguste, care nu permite o apărare cu anrocamente în contrabanchete, din cauză că prin dimensiunile lor mari, rezultate din condiția de stabilitate generală, ar conduce la supraânălțări de nivel și măriri de viteză peste limitele admisibile V = 5 m/s), precum și la consolidarea malurilor alunecate după trecerea viiturilor.

Zidurile de apărare pot fi :

- de platformă care se realizează până la muchia superioară a platformei drumurilor sau căilor ferate;
- de picior, care se realizează pentru apărarea părții inferioare a rambleelor sau malurilor (fig. 58). Acest tip de apărare se va modula pe tronsoane de maximum 5...6 m lungime.

Zidurile de apărare din casete sau elemente prefabricate din beton simplu sau beton armat pe fundații monolite se aplică acolo unde se dispune de un teren bun de fundare și neafuiabil (fig. 59).

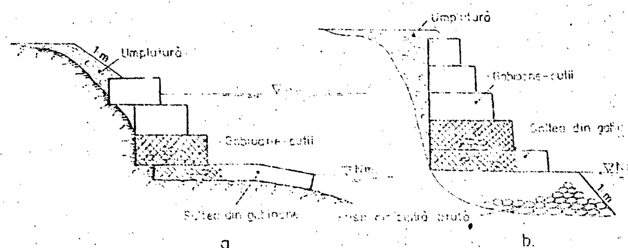


Fig. 58. Ziduri de apărare de gabioane pe saltea și pe prism din piatră.

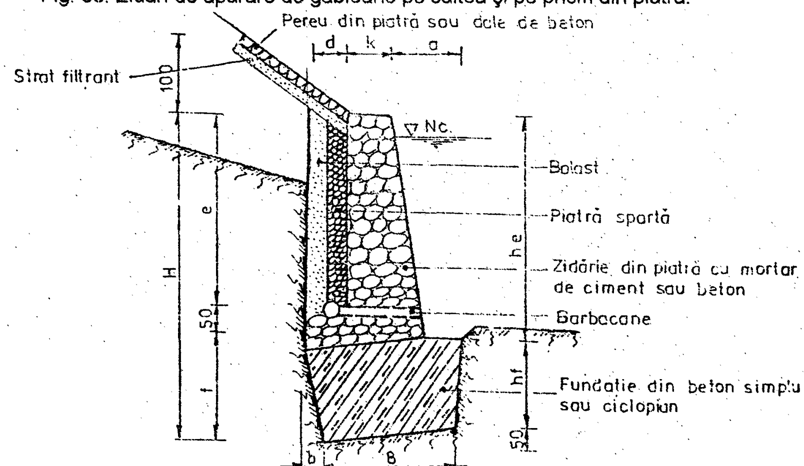
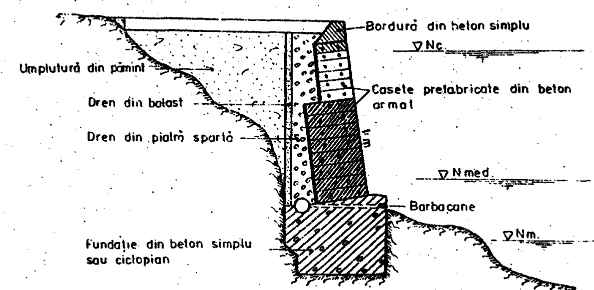


Fig. 59 Ziduri de apărare



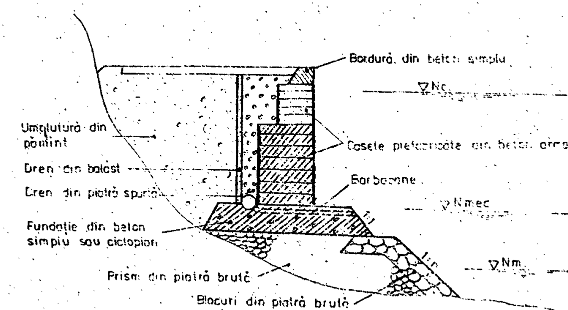


Fig. 60. Ziduri de apărare din elemente prefabricate
a) pe fundație din beton simplu sau ciclopian
b) pe fundație din beton și prism din piatră brută

Zidurile de sprijin se pot funda și pe terenuri afuiabile, dar numai prin intermediul saltelelor de gabioane care pot prelua afuierile.

Apărările de maluri care au rolul și de consolidare, pot fi proiectate și din căsoaie din lemn sau din prefabricate din beton armat (fig. 60 și 61).

Căsoaiele se verifică la stabilitate, iar pereții la împingerea laterală și la strivire.

Când afuierile la piciorul malului depășesc 3....4 m , apărările se proiectează cu piloți simplii, piloți ancorați sau cu palplanșe (fig. 62).

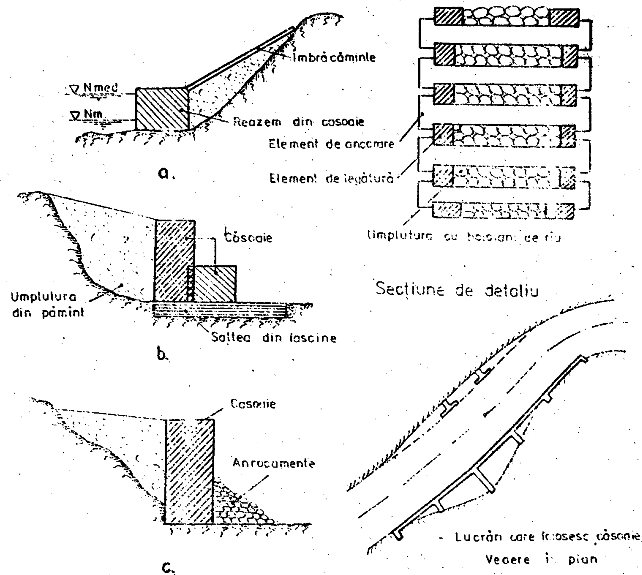


Fig. 61. Apărări şi consolidări de maluri cu căsoaie

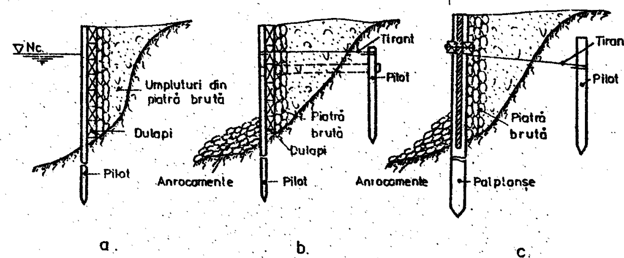


Fig. 62. Apărări şi susţineri de maluri cu piloţi simplii (a), piloţi ancoraţi (b); palplanşe (c).

În fig. 63, este prezentată apărarea unui rambleu supraînălţat. Pentru a-i creea o platformă de siguranţi, s-a prevăzut, la piciorul rambleului un prism de anrocamente din piatră brută.

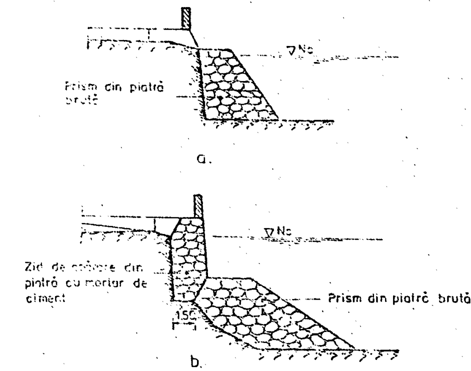


Fig. 63 Consolidarea lucrărilor de apărare existente
a) rambleu supraînălţat;
b) zid existent consolidat.

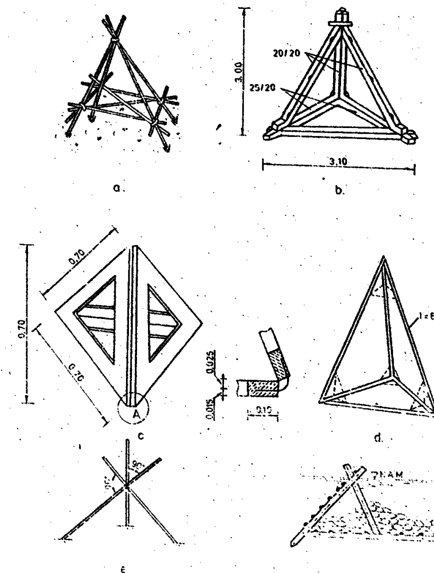


Fig. 64. Tipuri de carcase.

În fig. 63 a), pentru protejarea şi consolidarea unui zid de apărare existent, a cărei fundaţie e periclitată de afuiere la ape medii, s-a prevăzut un prism de piatră brută la piciorul acestuia.

Carcasele sunt elemente de construcţie alcătuite dintr-un schelet de bare din lemn, metalice sau beton armat (fig.64). Având forme geometrice simple ca: piramidă, tetraedru sau corp stelat, pot fi utilizate la apărări şi consolidări de maluri sau la închiderea braţelor pe cursurile cu fund mobil. Carcasele, combinate cu lucrări masive, ajută la interceptarea curentului în sectoarele puternic atacate, la producerea depunerilor şi colmatarea câmpului de carcase.

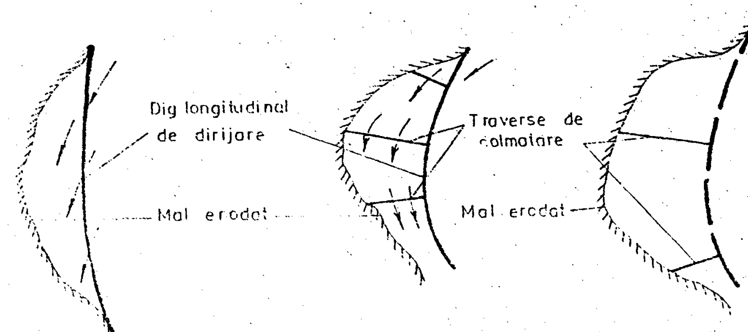
6.4. LUCRĂRI DE REGULARIZARE CU CARACTER LOCAL

6.4.1. DIGURI LONGITUDINALE

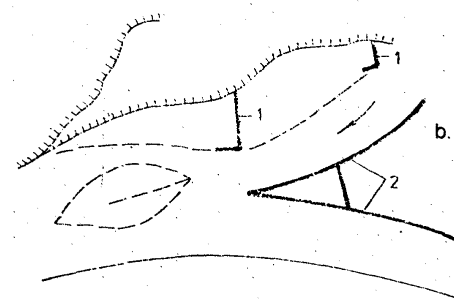
Digurile longitudunale au scopul de:
- apărare a malurilor, fiind denumite diguri longitudinale de apărare a malurilor;
- dirijarea cursului de apă pe un nou traseu, fiind denumite diguri longitudinale de dirijare a curentului;

Digurile de apărare longitudinale a malurilor sunt lucrări de fixare a concavităţilor, care se folosesc când linia traseului de regularizare nu coincide cu linia malurilor. În general, traseul digurilor longitudinale va urma o curbă care să readucă şi să dea un curs natural apei. Ele se vor racorda cu malul în zonele stabile ale acestuia. Digurile longitudinale de dirijare se vor proiecta când se impune dirijarea apei pe sub poduri sau pentru atenuarea confluenţei a doi curenţi (fig. 65 a şi b). Digurile longitudinale de dirijare pot fi:
- submersibile;
- fără traverse de consolidare şi colmatare;
- cu traverse de consolidare şi colmatare;
- insubmersibile (fig. 65 c şi fig. 70).

Digurile de dirijare se vor încastra cu capul amonte în mal pe cel puţin 5 m lungime, iar capul aval se va face mai rezistent sau se va lega de mal printr-o traversă de colmatare. Digurile pentru apărarea malurilor sau de dirijare din jurul podurilor se vor racorda cu aripile sau cu sferturile de con ale podurilor când culeele acestora au fundaţii de adâncime (piloţi, chesoane, coloane). În cazul culeelor cu fundaţii ameninţate de afuieri, digurile vor îmbrăca fundaţia culeii.

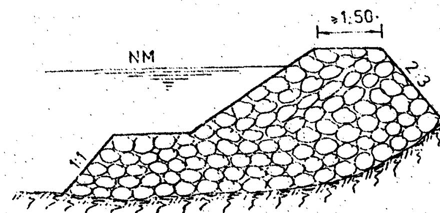


a_1 sistem submersibil . a_2 sistem insubmersibil
a Diguri longitudinale şi transversale



1. epiuri
2. diguri de dirijare

b. diguri de dirijare la confluenţa a două cursuri de apă



c. dig de dirijare din piatră

Fig. 65 Diguri de dirijare

Întrucât prin îngustarea albiei de către diguri se măreşte forţa de antrenare care are drept rezultat adâncirea albiei, digurile se vor prevedea cu o bază mare şi elastică pentru a se putea urmări adâncimile şi a nu fi periclitate de subspălare.

Pentru a nu se produce erodarea digului la traversarea lui de către apele de viitură, taluzul dinspre mal se va prevedea cu o pantă dulce.

Pe fundul afuiabil şi puţin stabil se utilizează tipuri alcătuite din elemente de nuiele (pachetaje), fascine, suluri, saltele, gabioane combinate cu piatră.

Se recomandă ca elementele alcătuite din nuiele să fie aşezate sub nivelul apelor mici pentru a nu putrezi şi să fie protejate contra eroziunii apelor şi materialelor solide transportate printr-o lestare cu un înveliş de piatră suficient de gros şi stabil.În figura 66 se indică amplasarea unui dig de dirijare pentru restrângerea albiei şi dirijarea aluviunilor la confluenţă. Digurile longitudinale se pot executa din aceleaşi elemente ca şi apărările de mal de sub nivelul apei. Digurile din fig. 67 se pot utiliza în cazul albiilor cu fundul puţin afuiabil, iar digurile din fig. 68 atunci când fundul albiei este puternic afuiabil.

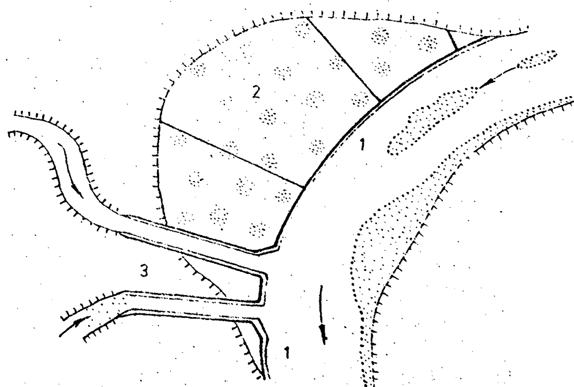


Fig. 66 Diguri de dirijare cu traverse de colmatare
1- dig de dirijare; 2- traversă de colmatare; 3- dig de dirijare la confluenţă.

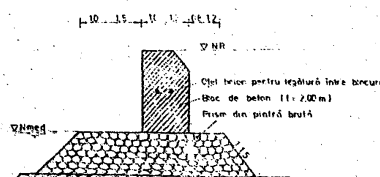


Fig. 67 Dig de dirijare submersibil din anrocamente şi bloc de beton

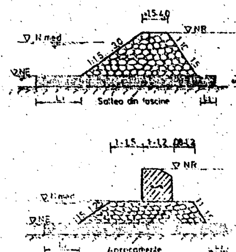


Fig.68 Dig de dirijare submersibil pe saltele din fascine

În cazul când se renunţă la consolidarea malului şi la colmatare, se vor prevedea în mod obligatoriu diguri longitudunale insubmersibile chiar şi pentru apele catastrofale. La proiectarea acestor diguri se vor prevedea fundaţii destul de adânc încastrate în albia râului pentru a nu fi afuiate, iar când pericolul afuierii nu poate fi evitat prin această măsură, fundaţiile se vor prevedea cu o protecţie spre firul apei, dintr-un perete de palplanşe sau ecran de beton (fig. 69).

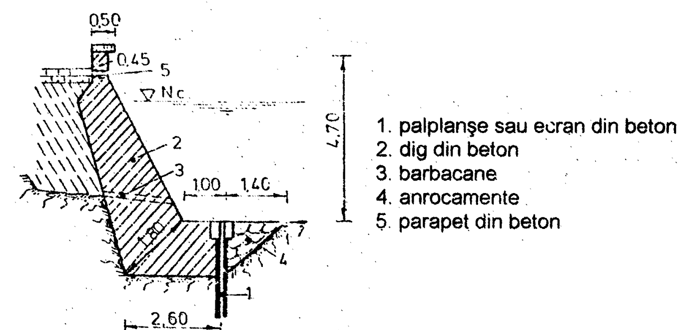


Fig. 69 Diguri insubmersibile din beton

Aceste diguri se vor prevedea cu un pereu solid mai gros la bază şi mai subţire la coronament. Cota digului insubmersibil se va prevedea cel puţin cu 1,0 m peste nivelul maxim de asigurare.
Nivelul de regularizare se va stabili la proiectare.

6.4.2. DIGURI DE ÎNCHIDERE, TRAVERSE DE COMPARTIMENTARE ŞI COLMATARE

Digurile de închidere sau traversele de închidere sunt construcţii care barează albia de la un mal la celălalt, în vederea întreruperii totale sau parţiale a scurgerii apei pe un braţ al cursului de apă (fig. 66).

Digurile de închidere ce se amplasează pe braţele părăsite, cu un cap încastrat în aval şi cu celălalt într-un dig de dirijare, având scopul de a accelera la viituri colmatarea albiei părăsite, în vederea refacerii malurilor, cât şi pentru a asigura ca spatele digurilor longitudinale să nu fie atacate de ape, se numesc traverse de compartimentare şi colmatare (fig. 66).

Cota superioară a acestor diguri se va limita la nivelul mediu al apelor şi nu va depăşi cota fundului albiei majore.

Digurile de închidere se vor amplasa perpendicular pe cursul braţelor secundare, cu încastrări adânci în maluri, pentru a evita ocolirea lor de către apele mari.

Digurile transversale şi traversele de colmatare se vor amplasa de regulă la 1,5 din lungimea lor, socotită între mal şi digul longitudinal.

Coronamentul digurilor de închidere va fi orizontal, şi se vor uni cu digul longitudinal după o linie înclinată spre acesta, iar cota lor superioară lângă dig va fi aceeaşi cu a acestuia din urmă.

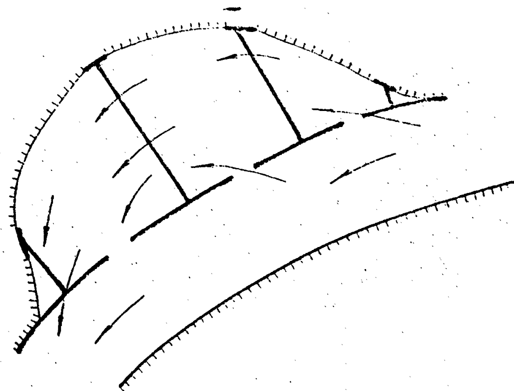


Fig. 70 a. Diguri de dirijare din gabioane.

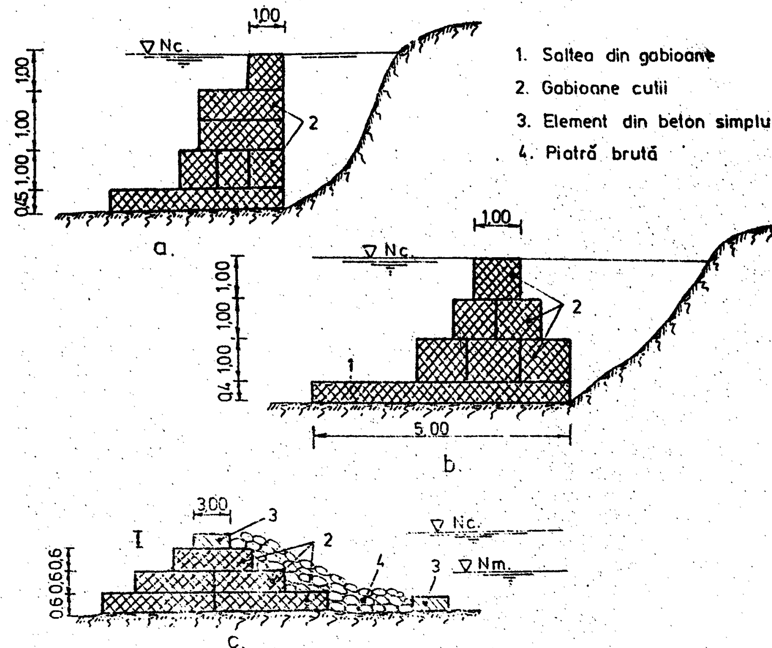


Fig. 70 b. Diguri longitudinale din gabioane umplute cu bolovani de râu.

Pentru a nu se produce afuieri ale albiei în aval, la deversarea apelor de viitură, care ar periclita stabilitatea construcției, taluzul aval se va face mai înclinat decât cel din amonte, iar baza va fi așezată pe o saltea elastică, care să preia deformările albiei, în cazul terenurilor puternic afuiabile.

Atât digurile de închidere cât și traversele de colmatare, se realizează din anrocamente simple, din piatră brută, din anrocamente cu blocuri de beton, din anrocamente pe fascine, din gabioane și carcase. Nu se vor folosi bolovani de râu.

Secțiunea transversală a acestor lucrări se va deduce din condiția de stabilitate la alunecare și răsturnare. Dimensionarea lucrărilor se va face în ipoteza cea mai defaforabilă, ținând seama de suprapunerea simultană a eforturilor (presiunea hidrodinamică și hidrostatică la nivelul maxim, pod de gheață, etc.). Alcătuirea traverselor sau digurilor de închidere din gabioane se face identic ca la digurile longitudinale (fig.70).

În cazul în care nu se dispune de fascine, cât și în cazul când nivelul apei variază, riscând ca nivelul superior al fascinelor să rămână deasupra apelor, în loc de saltelele din fascine se vor folosi saltelele din gabioane.

Dacă se dispune de bolovani de râu local sau costul acestora e mai redus, în loc de anrocamente se pot folosi gabioanele din plasă de sârmă, care sunt mai stabile și mai rigide decât anrocamentele din piatră brută.

Determinarea dimensiunii medii a pietrei din anrocamente se face utilizând tabelul 7.2 (formula 7.7 și 7.10). Lungimea saltelei de fascine sau din plase de sârmă (L_1 și L_2) în fața și spatele masivului de anrocamente se determină cu formula (7.1). În această formulă variază numai valoarea afuierii maxime (h_{af}) care trebuie calculată separat pentru L_1 și L_2.

Tipurile constructive de diguri de închidere sunt reprezentate în fig.71, iar traversele de colmatare în fig. 72.

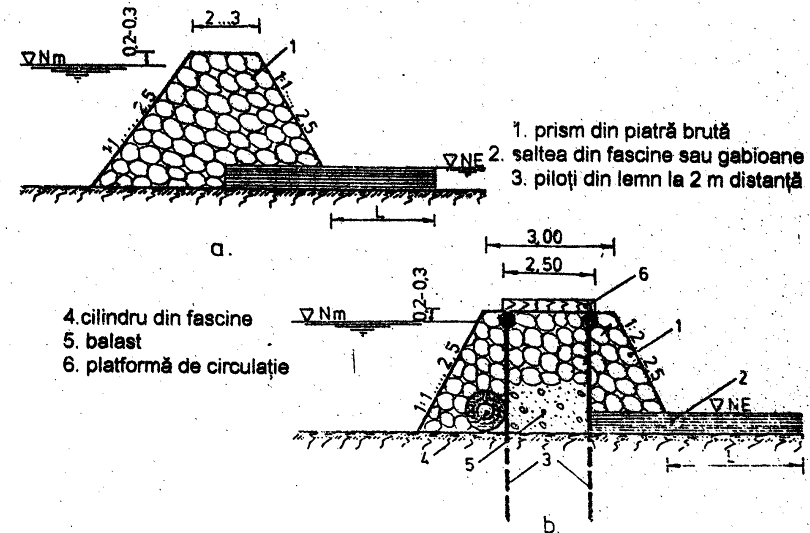


Fig. 71 Diguri de închidere a albiilor. a) din anrocamente pe saltea; b) din anrocamente pe saltea și piloți

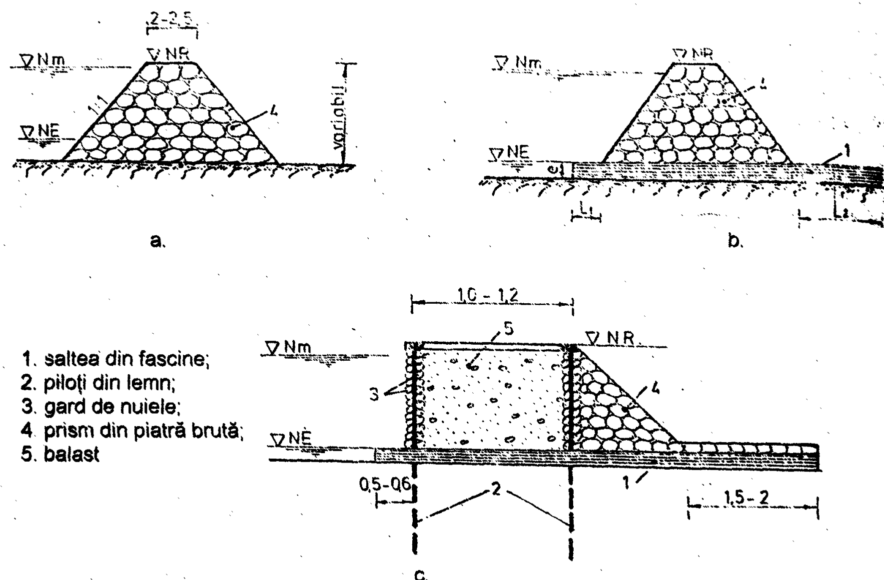


Fig. 72 Traverse de colmatare sau compartimentare
a). din anrocamente; b). din anrocamente pe saltea;
c). din garduri de nuiele şi anrocamente.

Secţiunea din fig. 71 a), se poate utiliza pe sectoarele de râu unde adâncimea de afuiere este neglijabilă, iar secţiunea din fig. 71 b), se poate folosi pe sectoarele de râu unde afuierile sunt mari şi foarte mari.

Traversele din fig. 72 a), se pot utiliza pe sectoarele de râu pe care se produc afuieri foarte mici, iar cele din fig. 72 b), pe sectoarele de râu cu fundul afuiabil.

Traversa din fig. 72 c) se va utiliza numai pe sectoare de râu pe care transportul de aluviuni este important, astfel ca în 1....2 ani lucrările să poată fi colmatate.

6.4.3. EPIURI SAU PINTENI

Epiurile sau pintenii sunt lucrări transversale care se întind dinspre mal spre firul apei pentru a ajuta la reducerea lăţimii albiei prin colmatările care se produc între ele. Epiurile se folosesc în mod curent pentru:

- calibrarea albiei în vederea realizării secţiunii de regularizare;
- refacerea şi protecţia malurilor surpate;
- îndepărtarea bancurilor şi îmbunătăţirea traversadelor;
- activarea unuia dintre braţe şi închiderea braţelor secundare;
- dirijarea curentului din zona malurilor spre axul dinamic pentru a opri erodare acestora.

Delimitarea viitorului mal se face amplasând capul epiurilor dinspre firul apei pe o linie continuă. Deoarece prin efectul de stăvilire a apei epiurile produc afuierile

fundului, ele se vor proiecta cu o bază elastică din saltea de fascine sau gabioane, care să poată urmări adâncirea fundului şi să reziste la afuieri.

Prin îngustarea albiei de către epiu, vitezele se măresc şi produc afuieri importante la capul acestuia, de aceea se recomandă întărirea capului în sens transversal pe o lungime de cca 5 m, cu 1,5.....2 ori lăţimea coronamentului.

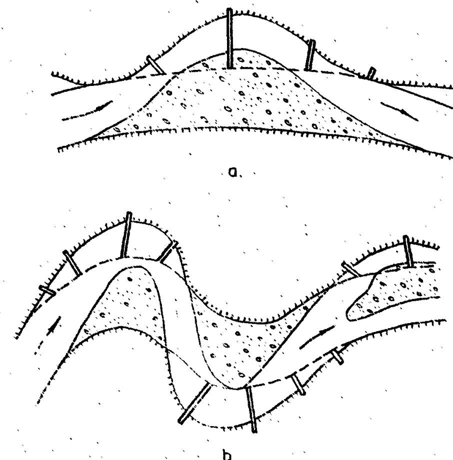


Fig.73 Scheme de amenajare a cursurilor de apă cu epiuri

Pentru preântânpinarea afuierii, fundaţia capului se aşează pe o saltea care va depăşi construcţia atât spre amonte cât şi spre aval cu circa 5 m şi cu circa 8 m spre talveg.

Pentru a se preântâmpina afuierea albiei prin deversarea epiurilor, taluzul aval se va face mai dulce decât cel din amonte, sau în trepte.

Pentru a fi ferite de spălare în zona de încastrare în mal, epiurile se vor prevedea cu o încastrare de 8....10 m, după natura terenului din care este contruit malul.

Epiurile pot fi:

a) submersibile, în care caz coronamentul va avea o înclinare de la mal spre firul albiei astfel:

- la rădăcină, 1:10.......1:25;
- corpul 1:100......1:300;
- capul, 1:3:......2:8.

b) insubmersibile, în trepte, în care caz coronamentul va fi orizontal.

În cazul când se proiectează epiuri insubmersibile, se recomandă ca executarea lor să se facă pe etape: în prima etapă se vor prevedea submersibile, urmând ca completarea lor la cotă să se facă după ce s-au colmatat pe înălţimea din prima etapă.

Epiul cu capul situat sub nivelul apelor mici - epiu parţial înecat, cât şi epiul înecat se vor proiecta când se urmăreşte stabilizarea albiei minore la nivelul apelor mici.

Coronamentul nu va depăşi cota malului deoarece se pot produce schimbări dăunătoare în curgerea apei la viituri, stabilindu-se între nivelul apelor mici şi nivelul apelor medii

Salteaua pentru preluarea afuierrilor va fi prelungită atât spre firul apei, cât şi spre aval cu o lungime L dată de relaţia 7.1

Afuierea h_{af} de la capătul epiurilor se va calcula cu relaţia:

$$h_{af} = k_d\, k_m\, k_s\, h_0$$

unde:

k_d - este coeficientul de înclinare al epiului faţă de direcţia principală se curgere;

k_m - coeficientul unghiului de înclinare a taluzului epiului.

k_s - coeficientul ce ţine cont de gradul de strangulare a secţiunii de curgere;

h_0 - adâncimea medie a curentului înainte de strangulare.

Gradul de strangulare se determină prin raportul dintre debitul barat Q_0 şi debitul total Q. Pentru albiile de nisip, cu îngustarea într-o singură parte, coeficienţii k_d, k_m, şi k_s sunt daţi în tabelul anexat.

Diametrul mediu stabil al anrocamentelor cu care se protejează capul epiurilor se poate deduce din relaţia:

$$v_{cr} = 1{,}15\sqrt{g}\sqrt{\frac{1{,}1}{\alpha}}(hd)^{0,25}$$

unde: g - acceleraţia gravitaţională (9,81 m/s);

α - coeficient egal cu 1,35....1,40;

h - adâncimea apei (m);

d - diametrul mediu stabil al pietrei (m).

Tabel cu valorile coeficienţilor k_d, k_m, şi k_s

Unghiul de înclinare a epiului	k_d	cotangenta unghiului taluzului epiului	k_m	gradul de strangulare	k_s
30°	1,18	0,00	1,00	0,10	2,00
60°	1,07	0,50	0,91	0,20	2,65
90°	1,00	1,00	0,85	0,30	3,22
120°	0,94	1,50	0,83	0,40	3,45
150°	0,84	2,00	0,61	0,50	3,67
-	-	3,00	0,50	0,60	3,87
-	-	-	-	0,70	4,06
-	-	-	-	0,80	4,20

Amplasarea epiurilor se poate face:

- perpendicular pe curent;
- înclinat (orientat spre amonte) sub un unghi cu direcţia generală a curentului:

α = 70°.......75° când malurile sunt rectilinii;

α = 70°........80° când malul este concav;

α = 85°........90° când malul este convex.

Se recomandă ca α să fie mai mare de 45°;

- declinat (orientat spre aval), în care caz unghiul faţă de direcţia curentului se va alege între 95°.....105° (fig. 74, 75 şi 76).

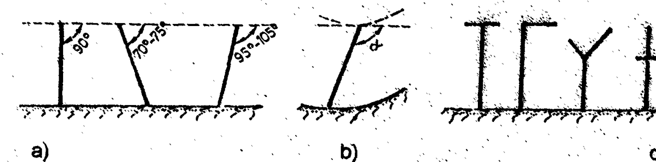


Fig 74 Tipuri de aşezare a epiurilor.
a), b) - drepte; c) - cu traverse.

Epiurile normale, fiind mai scurte, sunt cele mai economice.

Epiurile înclinate favorizează cel mai mult împotmolirea şi dirijează curentul de suprafaţă spre mijlocul albiei. Epiurile declinate dirijează curentul spre maluri, ameninţându-le cu afuierea, de aceea nu prea se recomandă.

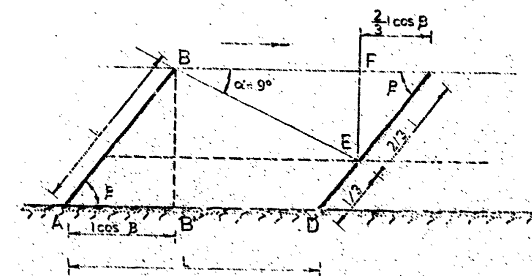


Fig. 75 Epiuri declinate

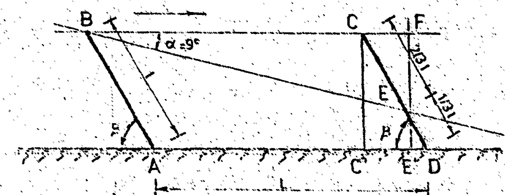


Fig. 76 Epiuri înclinate

Distanţa dintre epiuri se stabileşte pe baza cercetărilor teoretice, combinate cu încercări pe modele.

Punând condiţia ca incidenţa curentului deviat în epiul următor din aval să se facă la 1/3 l, măsurat de la mal, pentru a avea garanţia că epiurile nu vor fi afuiate la rădăcină

şi ştiind că, curentul deviat face un unghi de 6^0....9^0 cu curentul principal, distanţa dintre epiuri se poate deduce din fig. 75 şi 76.

Formula generală pentru determinarea distanţei dintre epiuri pentru a avea garanţia că rădăcina epiurilor nu va fi afuiată, este:

$$L = 4,23\, l \sin \beta \pm 2/3\, l \cos\beta$$

Semnul minus se ia pentru epiurile înclinate, iar semnul plus pentru cele declinate. Pentru epiurile perpendiculare pe mal , L = 4 l.

Când epiurile se amplasează în curbă, unghiul se ia în raport cu tangentele la curbă în vârful epuirilor.

Din practică, orientativ se recomandă următoarele distanţe:

- în concavităţi; L = br;
- pe malurile convexe; L = (1,5....2)br;
- în zona de trecere de la o curbă la un aliniament; L = (1/2.......3/4)br;

unde:

L este distanţa dintre epiuri;

br este lăţimea traseului regularezat.

Când dintr-un studiu tehnico-economic rezultă necesitatea etapizării lucrărilor de regularizare, în prima fază se vor prevedea epiuri la distanţa de 4l, cu posibilitatea de îndesire a lor ulterioară.

Nu se recomandă folosirea izolată a epiurilor deoarece prin construcţia lor conduc la înrăutăţirea condiţiilor de curgere în aval, dar şi în amonte pe o distanţă apreciabilă.

Epiurile nu se folosesc în curbe cu raze mici, deoarece nu dau rezultate prea bune şi în astfel de situaţii se utilizează digurile longitudinale cu traverse de colmatare.

Nu se vor folosi epiuri în zona de trecere de la aliniament la curbă, pentru că se consideră neeconomice. În aceste cazuri se prevăd diguri de dirijare cu traversă de legătură la cap.

Dacă malurile sunt afuiabile şi direcţia curenţilor la diferite niveluri este variabilă, se va prevedea şi o scurtă apărare în amonte, eventual şi în aval de epiuri, pe 5....10 m lungime. La malurile neinundabile, consolidarea va depăşi cu 0,5 m nivelul apelor mari. În cazul malurilor inundabile, consolidarea malurilor se va prelungi şi pe partea orizontală a malului pe o fâşie de 2...3 m lăţime.

Dimensionarea epiurilor se va face ţinându-se seama de condiţiile de execuţie şi de întreţinere, de circulaţia pietonilor şi eventual de transportul materialelor de la mal spre firul apei peste epiul în construcţie.

Dimensionarea la stabilitatea generală se face ca şi la digurile transversale şi traverse.

Din punct de vedere constructiv epiurile se execută din aceleaşi elemente ca şi digurile transversale.

Saltelele de fascine (fig. 77) vor fi orientate faţă de direcţia curentului principal al râului astfel:

- saltelele tip S.1. (45 cm) şi S.2. (60 cm) se vor orienta astfel ca stratul joantiv să fie paralel cu direcţia de curgere în zonele L.1 şi L.2 şi perpendicular pe direcţia de curgere în zona L.3.
- la saltelele tip S.3 (75 cm) şi S.4 (1,0 m) având două straturi joantive, nu are mare importanţă orientarea lor.

Pentru a se evita antrenarea depunerilor dintre epiuri de către ape, acestea vor fi protejate prin garduri de nuiele verzi sau plantaţii, ce se vor prevedea la prima fază de proiectare.

Avantajele epiurilor faţă de digurile longitudinale constă în aceea că:

- la o îngustare a albiei prin epiuri, lăţimea curentului principal al râului poate fi ulterior modificată, ceea ce la diguri nu mai este posibil;
- epiurile sunt mai ieftine decât digurile.

Dezavantajul epiurilor constă în faptul că spaţiul dintre epiuri nu se colmatează uniform, rămânând goluri între ele, iar curentul dintre acestea este lăsat mai mult sau mai puţin liber. Nu se recomandă proiectarea de epiuri prea lungi deoarece curentul este proiectat brusc spre malul opus, punându-l în pericol pe acesta sau o eventuală culee de pod.

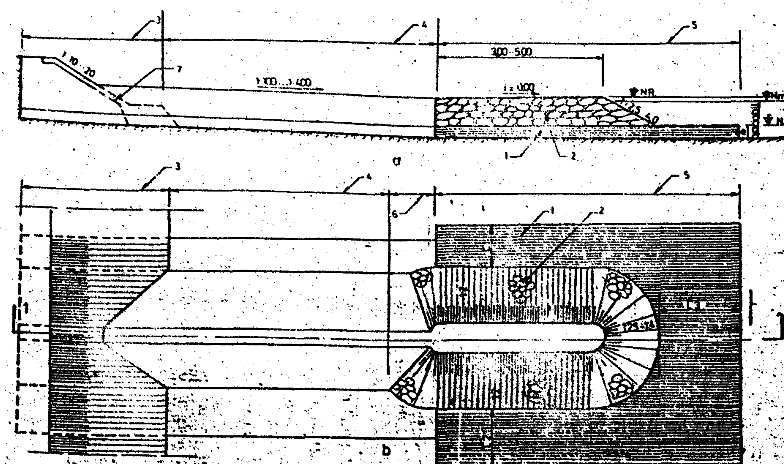


Fig. 77 Epiu:
a) secţiune longitudinală; b) vedere în plan
1. saltea din fascine sau gabioane; 2. prism din piatră brută;
3. rădăcina epiului; 4. corpul epiului; 5. capul epiului;
6. racordarea între corpul şi capul epiului; 7. apărare de mal.

6.4.4. PRAGURI DE FUND ŞI BARAJE DE REŢINERE A ALUVIUNILOR

Pragurile de fund se folosesc acolo unde fundul prezintă adâncimi mari din cauza unei intense eroziuni a apei, pentru apărarea împotriva afuierii malurilor digurilor longitudinale sau a capului epiurilor, cât şi pentru a reduce viteza apei la cursurile de apă care transportă multe aluviuni.

În acest din urmă caz se va proiecta un profil longitudinal în trepte, fiecare treaptă reprezentând un prag de fund. Distanța dintre lucrări la o înălțime h aleasă, se determină conform relației:

$$L = \frac{h}{i_t - i_e}$$

în care:

L - este distanța dintre lucrări (m);
h - înălțimea aleasă a lucrării (m);
i_t - panta naturală a fundului albiei;
i_e - panta de compensație sau echilibru;

Pragurile se proiectează pe toată lățimea albiei de la un mal la altul, având coronamentul mai ridicat către maluri decât spre firul apei, pentru a permite scurgerea apelor la niveluri mici.

Pragurile de fund pot fi utilizate și pentru înălțarea fundului albiei în jurul pilelor unui pod atunci când afuierile avansează periculos.

În unele cazuri se proiectează praguri de fund numai pe o porțiune din albie, pentru a realiza forma voită a secțiunii de curgere. Aceste praguri se mai numesc și epiuri înecate sau de fund. Coronamentul pragurilor de fund se va proiecta în general la nivelul fundului albiei proiectate. Când coronamentul depășește cota superioară a fundului albiei, în vederea reținerii aluviunilor transportate, pragurile se numesc baraje de reținere a aluviunilor. Aceste baraje se fac pe cursurile de apă cu regim torențial, pentru consolidarea fundului, sau pe râurile navigabile, pentru ridicarea cotei profilului longitudinal.

Pentru a obține rezultatele cele mai favorabile, amplasarea pragurilor de fund în curbe se va face astfel: primul la începutul curbei, ultimul la sfârșitul curbei, iar celelalte praguri se așează la distanța de 1,5 ori lățimea albiei la fund.

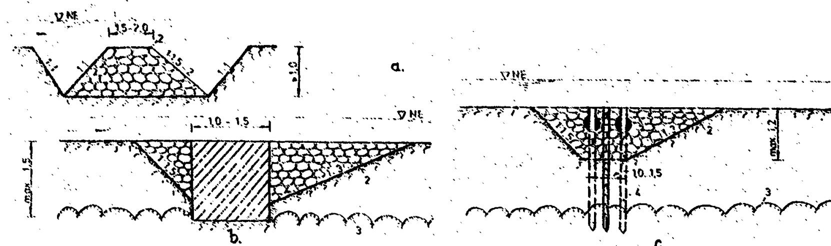
Pentru a rezista acțiunii apelor, pragurile de fund se vor proiecta cu o încastrare în mal de 3.....5 m, iar contra afuierii în aval se vor prevedea saltele de fascine pe o lungime de 3,2h + 2e. În cazul afuierilor puternice acestea se vor asigura cu palplanșe sau cu piloți.

Dimensionarea pragurilor se face identic ca la traversele de închidere. Nu se recomandă folosirea bolovanilor de râu, decât în cazul când se folosesc ca elemente constructive în cutiile gabioanelor.

Tipurile de praguri de fund mai des utilizate sunt cele prezentate în figura 78, cu următoarele recomandări:

a) - se folosește pe râuri cu viteză sub 2 m/s și afuieri foarte mici;
b) - se poate utiliza când roca de bază este relativ la suprafață (sub 1,5 m);
c) - se folosește când se produc afuieri importante, peste 1,0 m;
d) - se folosește la prevenirea producerii afuierilor în jurul pilelor și culeelor podurilor noi proiectate, la stabilizarea albiilor cursurilor de apă cu un proces avansat de eroziune în jurul infrastructurii podurilor existente.

Barajele de reținere a aluviunilor se execută din: zidărie uscată sau cu mortar, căsoaie de lemn, gabioane, beton, etc. Pentru o întreținere mai ușoară, înălțimea lor se va limita la 2...4 m. În figura 79, este prezentat un baraj de reținere din gabioane.



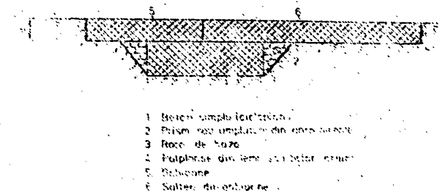
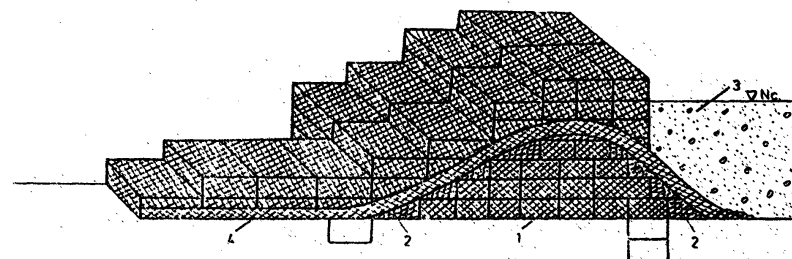


Fig. 78. Praguri de fund
a) din anrocamente; b) din beton și anrocamente;
c) din palplanșe și anrocamente; d) din gabioane.



1: gabioane cutii;
2. anrocamente din piatră brută
3. aluviuni; 4. saltea din gabioane.

Fig. 79 Baraj de reținere a aluviunilor

7. CALCULE DE DIMENSIONARE ŞI STABILITATE

Capitolul cuprinde principii şi recomandări pentru dimensionarea elementelor lucrărilor de apărare şi stabilitatea acestora ca:

- dimensionarea saltelei şi pietrei;
- dimensionarea îmbrăcăminţilor la:
  - acţiunea curentului de apă;
  - acţiunea valurilor;
  - acţiunea gheţii;
- filtru de protecţie;
- stabilitatea îmbrăcăminţilor la plutire şi alunecare;
- stabilitatea apărărilor de mal la alunecare;
- stabilitatea zidului de sprijin la alunecare.

7.1. DIMENSIONAREA SALTELEI ŞI A PIETREI

7.1.1. Lăţimea maximă a saltelei din fascine sau din gabioane în faţa prismului din piatră brută trebuie să fie suficientă pentru a realiza, după afuiere, o pantă până la maxim 1:3.

Lăţimea se calculează cu formula:

$$L = 2e + 3{,}2h_l \qquad (7.1)$$

unde:

L este lăţimea liberă minimă a saltelei în faţa prismului din piatră brută;
e - grosimea saltelei din fascine, care se stabileşte conform tabelului 7.1;
h_l - afuierea locală considerată sub linia fundului albiei

$$h_l = h_{af} - h_{am} \text{ (m)}$$

h_{af} - adâncimea maximă probabilă după afuiere;
h_{am} - adâncimea normală în regim natural, în secţiunea amonte.

Calculul adâncimii maxime probabile de afuiere se face cu una din formulele:

$$\frac{h_{af}}{h_{am}} = \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{\frac{9}{14}} \qquad (7.2)$$

sau

$$\frac{h_{af}}{h_{am}} = \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{\frac{6}{7}} \qquad (7.3)$$

în care:

indicii am şi af, se referă la secţiunea amonte şi respectiv la cea îngustă, unde se produce afuierea;
B_1 - lăţimea albiei la oglinda apei în secţiunea din amonte (m);
B_2 - lăţimea albiei îngustată la nivelul coronamentului albiei regularizate (m).

Tabelul 7.1.

GROSIMEA SALTELEI ÎN FUNCŢIE DE ADÂNCIMEA ŞI VITEZA APEI LA DEBITUL DE CALCUL

Tipul saltelei	S_1	S_2	S_3	S_4
Grosimea saltelei (cm)	45	60	75	100
Adâncimea medie a apei (m)	< 4,00 m	< 6,00 m	< 7,00 m	> 7,00 m
viteza medie a curentului (m/s)	< 2,50	< 3,50	< 3,50	< 3,50

7.1.2. Dimensionarea pietrei se deduce din relatia de echilibru limită la alunecare.

a) Pentru un cub cu latura d (d cub)

$$d^3(\gamma_p - \gamma_a)f - \gamma_a \frac{v_f^2}{2g} d^2 f = \gamma_a \frac{v_f^2}{2g} d^2 \qquad (7.4)$$

unde:

f este coeficientul de frecare dintre anrocamente şi fundul albiei;
v_f - viteza la fundul albiei ($v_f = m\, v_m$);
m - 0,5...0,8, în medie m = 0,7
Din relaţia de mai sus se deduce d cub

$$d_{cub} = \frac{\gamma_a v_f^2 (f+1)}{2g(\gamma_p - \gamma_a)f} \qquad (7.5)$$

pentru f = 0,5; $\gamma_a = 1$ t/m³; $\gamma_p = 2{,}65$ t/m³; rezultă

$$d_{cub} = 0{,}092 \cdot 5v_f^2 \qquad (7.6)$$

Înlocuind $v_f = 0{,}7\, v_m$, rezultă

$$d_{cub} = 0{,}045 \cdot 5v_m^2 \qquad (7.7)$$

unde v_m este viteza medie la debitul de calcul (m/s).

b) Diametrul unei pietre sferice se deduce din echivalarea volumului sferic cu al cubului:

$$d^3 = \frac{4}{3}\pi r^3 \qquad (7.8)$$

$$r = d\sqrt[3]{0{,}24} = 0{,}62d \qquad (7.9)$$

$$d_{sf} = 2r = 1{,}24d = 0{,}056 \cdot 4v_m^2 \qquad (7.10)$$

Cu aceste formule s-a întocmit tabelul 7.2, care dă dimensiunile pietrei în funcție de viteză.

Tabelul 7.2

DIMENSIONAREA PIETREI ŞI ANROCAMENTELOR ÎN FUNCȚIE DE VITEZA MEDIE A CURENTULUI, CU FORMULELE 7.7 şi 7.10

v_m (m/s)	d_{cub} (m)	d_{sfert} (m)	Volum pe bucată (m^3)	Greutatea (kN)	Greutatea (kg)
1,0	0,05	0,06	0,000125	0,000326	0,033
1,5	0,10	0,13	0,001	0,026	2,65
2,0	0,18	0,23	0,005832	0,1516	15,5
2,5	0,29	0,35	0,0243	0,6318	64,5
3,0	0,41	0,51	0,0689	1,7914	182
3,5	0,55	0,69	0,166375	4,3264	440
4,0	0,73	0,90	0,389	10,114	1030
4,5	0,92	1,14	0,7787	20,2462	2060
5,0	1,14	1,40	1,48154	38,519	3940

Dacă din calcul rezultă o valoare de 15 cm, se adoptă ca minimă această valoare.

Din aceste formule, reiese că la viteze de peste 5 m/s rezultă dimensiuni ale anrocamentelor de peste 1,0 m latura sau diametrul, ceea ce face ca manipularea lor să fie greoaie, dacă nu chiar imposibilă. Din această cauză, peste viteza de 5 m/s se recomandă ca apărările de mal să se facă cu gabioane sau cu ziduri de sprijin.

Din cauza formei rotunjite, bolovanii de râu, rezistă la viteze mai mici decât piatra brută de carieră şi de aceea, pentru o anumită viteză de calcul, sunt necesare volume mai mari de lucrări, care duc la scumpirea lor.

Pentru aceasta se recomandă ca bolovanii de râu să se utilizeze numai dacă se găsesc la fața locului în cantități mari.

Taluzul prismului din anrocamente va fi de 1 : 1,25 pentru anrocamente din piatră brută şi de 1 : 1,5 la cele din bolovani de râu.

Stabilitatea apărării de mal poate fi compromisă prin afuierea bazei sau prin spălarea apărării de către curenți şi valuri.Verificarea stabilității se poate face ținând seama de valorile maxime admisibile ale forței de antrenare pentru diferitele elemente întrebuințate ce alcătuiesc apărarea.

Forța de antrenare a curentului, exercitată asupra perimetrului udat al secțiunii transversale a albiei, se calculează cu relația:

$$f_a = \gamma_a h_m i \qquad (6.11)$$

în care:

γ_a este greutatea specifică a apei (kgf/m³);
h_m - adâncimea medie a apei în secțiune (m);
i - panta hidraulică a albiei;
f_a - forța de antrenare pe unitatea de suprafață (kgf/m²).

Pentru diferite pământuri şi apărări de mal, valorile limită de neerodare ale vitezei medii (v_{in}) şi ale forței de antrenare (f_a) se găsesc în tabelele 7.3 şi 7.4. Valorile sunt orientative. Forța de antrenare maximă pe taluz este:

$$f_{a\,max,taluz} = 0{,}75\gamma_a h_s i \qquad (7.12)$$

unde h_s este adâncimea apei la piciorul taluzului.

Tabelul 7.3

VALORILE MAXIME ADMISIBILE ALE FORȚEI UNITARE DE ANTRENARE PENTRU DIFERINTE TERENURI ŞI ÎMBRĂCĂMINȚI ALE MALULUI ŞI TALUZULUI

Nr. crt	Natura terenului sau a îmbrăcămintii	f_a N/m² (kgf/m²)
1.	Nisip cuarțos obişnuit, cu diametrul de 0,20...0,40 mm	1,76....1,96 (0,18....0,20)
2.	Nisip cuarțos obişnuit, cu diametrul de 0,40...1,00 mm	2,45...2,94 (0,25..0,30)
3.	Nisip cuarțos obişnuit, cu diametrul până la 2,00 mm	3,92 (0,40)
4.	Amestec de nisip mare	5,88...6,81 (0,60...0,70)
5.	Nisip bine aşezat şi pietriş mătunt,acțiune de lungă durată	7,85...8,82 (0,80..0,90)
6.	Nisip bine aşezat şi pietriş mătunt,acțiune de scurtă durată, la viituri	9,80...11,76 (1,00...1,20)
7.	Lehm (lut) nisipos, curat	10,78 (1,10)
8.	Pietriş cuarțos rotund cu diametrul de 0,50...1,50 cm	12,74 (1,25)
9.	Pietriş amestecat cu lut, acțiune de lungă durată	14,71 (1,50)
10.	Pietriş amestecat cu lut, acțiune de scurtă durată	19,61 (2,00)
11.	Pietriş cuarțos mare, cu diametrul de 4...5 cm	47,00 (4,80)
12.	Prundiş calcaros, plat, cu grosime de 1....2 cm şi lungimea de 4...6 cm	54,90 (5,60)
13.	Taluzuri însămânțate cu iarbă	9,80...11,76 (1,00...1,20)
14.	Brazde, acțiune de scurtă durată	19,41...29,42 (2,00...3,00)
15.	Brazde, acțiune de lungă durată	14,71...17,45 (1,50...1,80)
16.	Brazde fixate cu țăruşi, acțiune de lungă durată	24,51...29,42 (2,50...3,00)
17.	Nisip mare între cleionaje	9,80 (1,00)
18.	Pietriş între cleionaje	12,74...39,22 (1,25...4,00)

19.	Garduri din nuiele simple	39,22 (4,00)
20.	Cleionaje oblice pe direcția curentului	39,22...49,03 (4,00...5,00)
21.	Saltele din fascine	29,42...68,44 (3,00...7,00)
22.	Anrocamente mari fixate în gărdulețe, așezate pe filtru invers	98,06....117,67 (10,00...12,00)
23.	Îmbrăcăminte din plăci de beton armat, funcție de grosime (0,04...0,20 m)	29,42...68,64 (3,00...7,00)
24.	Pereu din dale de beton (0,06...0,20 m), funcție de greutate (suprafață)	58,84....147,10 (6,00...15,00)
25.	Pereu uscat din moloane de 0,25...0,30 mm, pe filtru invers	78,44...56,88 (8,00...16,00)
26.	Anrocamente cu diametrul mediu minim de 0,30 m	156,88...235,32 (16,00....24,00)
27.	Apărări cu gabioane (piatră de dimensiuni mici)	156,00...196,12 (16,00...20,00)
28	Apărări cu gabioane (piatră de dimensiuni mari)	245,15...1471,00 (25,00....150,00)
29.	Pereți continui de piloți din lemn sau căsoaie (apărați la bază contra afuierii)	150,00 (16,00)
30.	Căsoaie	156,00...480,66 (16,00...1000,00)
31.	Pereți din palplanșe de lemn (apărați la bază contra afuierii)	196,12...235,32 (20,00...24,00)
32.	Zidărie din piatră	196,12...490,32 (20,00...50,00)
33.	Îmbrăcăminte din beton monolit	274,20...548,40 (30,00...60,00)
34.	Îmbrăcăminte din beton armat	784,53...980,66 (80,00...100,00)

7.2 CALCULUL ELEMENTELOR DE APĂRARE

7.2.1. Stabilitatea și durabilitatea îmbrăcăminților depind de tipul și dimensiunile alese. La dimensionarea protecțiilor se va ține seama de factorii exteriori care le solicită și anume:

- viteza curentului;
- secțiunea valurilor;
- secțiunea gheții.

Astfel, hotărâtoare sunt:

- la cursurile naturale, viteza curentului și acțiunea gheții;
- la lacuri - înălțimea valurilor provocate de vânt;
- la canale și râuri navigabile, relativ înguste, valurile create de nave (valuri produse de elice și valuri de siaj).

Viteza curentului de curgere provoacă un efect de uzură a protecțiilor și de antrenare a elementelor izolate. Depășirea vitezelor admisibile conduce la distrugerea îmbrăcăminților, mai ales la protecțiile din anrocamente și pereuri rugoase.

$\tau (Kg/m^2) = \gamma h \cdot i$

La dimensionarea protecțiilor se va ține seama de vitezele medii admisibile din tabelul 7.4.

Tabelul 7.4

VALORILE VITEZELOR MEDII ADMISIBILE PENTRU DIFERITE TIPURI DE ÎMBRĂCĂMINȚI

Nr. crt	Tipul îmbrăcămintii	h_m = 0,40 (m)	h_m = 1,00 (m)	h_m = 2,00 (m)	h_m = 3,00 (m)
1.	Brăzduire pe lat	0,90	1,20	1,30	1,40
2.	Brăzduire pe muchie	1,50	1,80	2,00	2,20
3.	Bolovani și bolovăniș:				
	- bolovani mici de 0,075...0,10 m	2,0 2,45	2,4...2,8	2,75...3,2	3,3...3,8
	- bolovani mijlocii de 0,10...0,15 m	2,45 3,0	2,8...3,35	3,2...3,75	3,5...4,1
	- bolovani mari de 0,15...0,20 m	3,0...3,5	3,35..3,8	3,75...4,3	4,1...4,65
	- bolovăniș mic de 0,2..0,3 m	3,5 3,85	,8..4,35	4,3...4,7	4,65...4,9
	- bolovăniș mijlociu de 0,3..0,4 m	-	4,35...4,7	4,7...4,95	4,9..5,3
	- bolovăniș foarte mare 0,5 m	-	-	4,95...5,3	5,3...5,5
4.	Anrocamente în funcție de mărimea pietrei	la poziția	3 se aplică	coeficient	0,9
5.	Anrocamente din două straturi în garduri de nuiele în funcție de mărimea pietrei	la poziția	3 se aplică	coeficient	1,1
6.	Pereu simplu din bolovani pe strat de piatră spartă de 5 cm, de				
	0,15 m	2,0	2,5	3,0	3,5
	0,20 m	2,5	3,0	3,5	4,0
	0,25 m	3,0	3,5	4,0	4,5
7.	Pereu simplu din piatră brută pe strat de piatră spartă de 10 cm de:				
	0,15 m	2,5	3,0	3,5	3,8
	0,20 m	2,9	3,5	4,0	4,3
	0,25 m	3,5	4,0	4,5	5,0
8.	Pereu simplu din piatră cioplită, pe un strat de piatră spartă, de:				
	0,15 m	3,1	3,7	4,3	4,6
	0,20 m	3,6	4,3	5,0	5,4
	0,25 m	4,0	4,5	5,5	5,5
	0,30 m	4,0	5,0	6,0	6,0
9.	Pereu dublu din piatră, pe strat de bază de 15 cm și strat superior de 20 cm	3,5	4,5	5,0	5,5
10.	Gabioane	4,2	5,0	5,7	6,2
11.	Saltele din fascine la grosimea e = 0,50 m	2,5	3,0	3,5	–
	alte grosimi	se aplică	coeficient	$0,15\sqrt{e}$	
12.	Împletituri din nuiele verzi	1,8	2,2	2,5	2,8
13.	Iarbă proaspătă, netedă	0,6	0,8	0,9	1,0
14.	Iarbă proaspătă pe taluz	1,5	1,8	2,0	2,2
15.	Zidărie din piatră brută din roci				

e = 0,50	2,5	3,0	3,5
alte grosimi			

	calcaroase (min 100 kgf/cm²)	3,0	3,5	4,0	4,5
16.	Zidărie din roci rezistente (min 3000 kgf/cm²)	6,5	8,0	10,0	12,0
17.	Beton şi beton armat marca:				
	100	4,5	5,5	6,3	6,8
	150	6,1	7,3	8,4	9,1
	200	7,3	8,8	9,8	10,8
18.	Lemn	25,0	25,0	25,0	-

Îmbrăcămintile calculate la valurile provocate de vânt trebuie să reziste şi la acţiunea curentului apei, de viteză v (m/s) potrivit relaţiilor:

$$d \cong 0{,}04v^2 \text{ (m)} \qquad (7.13)$$

$$\delta \cong 0{,}05\, v^{2/3} \text{ (m)} \qquad (7.14)$$

în care:

d este diametrul de calcul al blocului stabil;

δ - grosimea îmbrăcăminţii (dalei) de beton.

7.3 ACŢIUNEA VALURILOR

7.3.1. Acţiunea valurilor generate de vânt este importantă mai ales pe marile lacuri de acumulare, pe aliniamentele lungi şi în general pe orice suprafaţă mare de apă expusă vânturilor puternice pe lungimi mai mari de 2...3 km.

Cunoaşterea elementelor caracteristice ale valurilor este necesară pentru dimensionarea construcţiilor de apărare relativ la:

- rezistenţa la şocuri;
- forţa de alunecare;
- stabilirea înălţimii părţii superioare a apărării.

Acţiunea valurilor asupra malurilor şi taluzurilor se exercită prin presiunile şi vitezele dezvoltate pe suprafaţa respectivă la deferlarea, ridicarea şi coborârea lor de pe acestea. Astfel, că valurile supun apărările la o acţiune hidrodinamică de izbire pe taluz şi un efect de emersiune (ieşire), la retragere.

7.3.2. Factorii determinanţi în procesul de formare a valurilor sunt: viteza vântului, durata de acţiune a vântului şi întinderea suprafeţei de apă (fetchul). La propagarea valurilor , o influenţă deosebită o au, relieful submarin, adâncimea şi rogozitatea fundului.

a) Elementele principale ale valului sunt:

- lungimea L val, distanţa dintre două creste sau tălpi succesive (m);
- înălţimea h val, distanţa dintre creastă şi talpă (m);
- perioada 2T, timpul dintre momentele trecerii printr-un punct fix a două creste sau două tălpi de val succesive (s);
- celeritatea C, viteza de propagare a crestei valului (m/s);
- curbura valului h/L.

7.3.3. Pentru apele interioare, elementele valurilor (lungimea şi înălţimea) se pot calcula cu relaţiile:

$$2L = 0{,}304\, w\, D^{1/2} \qquad (7.15)$$

$$2h = 0{,}0208\, w^{5/4}\, D^{1/3} \qquad (7.16)$$

în care: 2L este lungimea valului - L val (m);

w - viteza vântului (m/s);

D - fetch-ul, lungimea suprafeţei de apă pe care bate vântul (km);

2h - înălţimea valului - h val (m).

Relaţiile sunt aplicate pentru ape cu, adâncimi mici, funduri orizontale, lăţimi mici,

3 < D < 30 km, viteza vântului w = 5...15 m/s.

Raportul dintre lungimea şi înălţimea valului, 2L/2h, pentru valurile de înălţime maximă, variază între:

- 8...12, pentru lacuri naturale, lacuri de acumulare şi mări interioare;
- 12 ...25, pentru mări deschise şi oceane.

a) Pentru ape cu D<60 km, înălţimea valului se poate determina şi cu formula:

$$2h = 0{,}45\sqrt{D} + (0{,}75 - 0{,}3\sqrt{D}) \qquad (7.17)$$

în care notaţiile au aceleaşi semnificaţii ca la punctul 7.3.3.

b) Înălţimea valului şi lungimea lui se modifică sub influenţa factorilor arătaţi la art. 7.3.2.

Pentru o gamă de valori a parametrilor:

- viteza vântului - w - (10; 20; 30) m/s;
- fetch-ul - D - (1; 5; 20) km;
- adâncimea apei - H_a - (1; 2; 3) m,

înălţimea valului h calculată se poate lua din tabelul 7.5.

Tabelul 7.5.

VALORILE ÎNĂLŢIMII VALULUI

w_{10} (m/s)		D = 1 km			D = 5 km			D =20 km		Obs.
	H_a = 1 (m)	H_a = 2 m	H_a = 3 m	H_a = 1 (m)	H_a = 2 m	H_a = 3 m	H_a = 1 (m)	H_a = 2 m	H_a = 3 m	
10	0,20	0,40	0,55	0,23	0,40	0,60	0,23	0,40	0,63	*)
20	0,40	0,50	0,78	0,40	0,65	0,90	0,40	0,65	0,90	**)
30	0,65	1,00	1,15	0,78	1,18	1,45	1,18	1,18	1,45	

*) Pentru H_a > 3 m se vor lua valorile corespunzătoare lui H_a = 3 m.

**) w_{10} este viteza vântului considerată la înălţimea de 10 m peste suprafaţa apei, pe direcţia fetch-ului.

Astfel, $w_{10} = w_A\, C$

în care:

w_A este viteza vântului la înălţimea A,

C - coeficient

Pentru

A (m)	2,00	6,50	10,00
C	1,25	1,05	1,00

c) Pentru apărările de maluri şi la digurile de pe râurile interioare, la care lungimea totală a luciului de apă este mai mică de 1 km, se poate admite h val = 0,50 m, fără a se efectua calcule.

7.3.4. Supraînălţare nivelului mediu al valurilor faţă de nivelul liniştit este:

$$h_0 = \frac{\pi h_{val}^2}{4L_{val}} \quad (7.18)$$

unde:

h_0 este diferenţa de nivel dintre nivelul static şi nivelul mediu al câmpului de valuri (m), fig. 80 a).

7.3.5. Acţiunea hidrodinamică.

Prin acţiunea de izbire pe taluz valul deferlat exercită presiuni dinamice asupra acestuia. Valoarea presiunii dinamice maxime (p) în punctul de izbire este:

$$p_{max.\,val} = 3\,\gamma_a\,h_{val} \quad (7.19)$$

unde: h_{val} este înălţimea valului - 2 h (m);

γ_a - greutatea specifică a apei (t/m^3).

7.3.6. Înălţimea până la care trebuie protejat malul este în funcţie de cota la care se va ridica valul (fig. 80 a)

După izbire, are loc ridicarea până la înălţimea h_r a valului pe taluz, faţă de nivelul iniţial liniştit al apei şi apoi retragerea acestuia.

Diagrama de distribuţie a presiunii dinamice este prezentată în fig.81. Distanţele ε pe care se exercită presiunile sunt:

$\varepsilon_1 = 0{,}025$ S; $\varepsilon_2 = 0{,}065$ S; $\varepsilon_3 = 0{,}053$ S; $\varepsilon_4 = 0{,}135$ S; în care:

$$S = \frac{L_{val}\,ctg\alpha}{2\sqrt[4]{ctg^2\alpha - 1}} \quad (7.20)$$

$$e_0 \cong \left(0{,}2 + 0{,}018\frac{L_{val}}{h_{val}}\right)H_a \quad (7.21)$$

în care:

L_{val} este lungimea valului - 2L (m);

h_{val} - înălţimea valului - 2h (m);

H_a - adâncimea apei (m);

α - unghiul de înclinare a taluzului;

e_0 - distanţa (adâncimea) dintre nivelul liniştit şi punctul de izbire, de maximă presiune a valului pe taluz

Presiunea dinamică a valului pe taluz.

Pentru calcule aproximative se poate considera valoarea.

$$e_0 = 0{,}023\,L_{val} \quad (7.22)$$

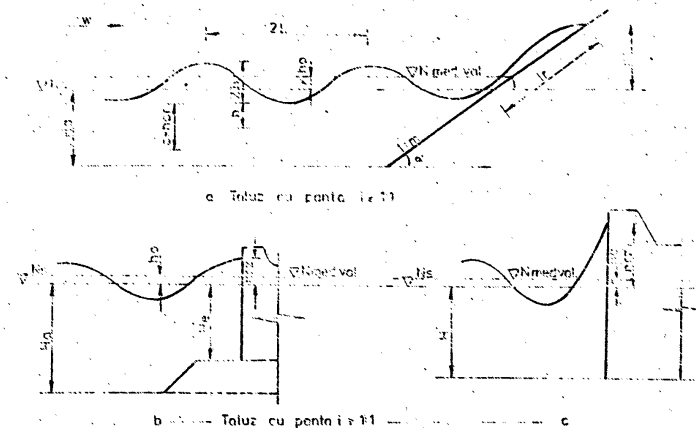


Fig. 80 Ridicarea valului pe taluz.

h - înălţimea valului; 2h - înălţimea undei; 2L - lingimea undei. Ns - nivelul static; lr - lungimea de ridicare a valului pe taluz; hcr - adâncimea critică ≥ 1,5 - 2 h val; H_a - adâncimea apei; H_e - înălţimea coloanei de apă în faţa peretelui; hrz - înălţimea de ridicare a valului pe peretele vertical.

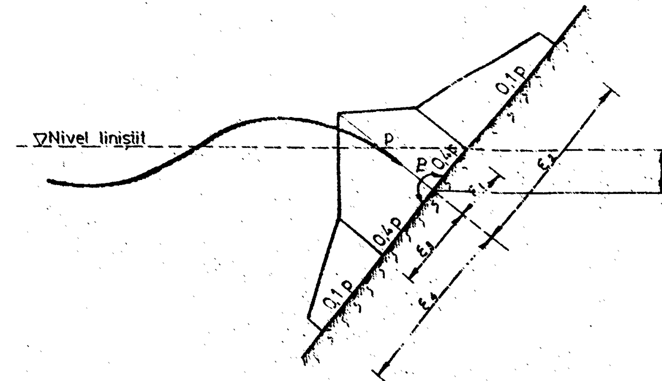


Fig. 81 Presiunea dinamică a valului pe taluz

a) Pentru maluri sau taluzuri de înclinare 14^0 < α <45^0, înălţimea maximă de ridicare h_r se determină cu formula:

$$h_r = 3{,}2\,k\,h_{val}\,tg\alpha \quad (7.23)$$

în care

k este coeficientul in functie de rugozitate, care se ia

= 1...1,25 pentru suprafețe netede (pereu din beton turnat pe loc sau dale).

= 1 pentru pereu zidit,

= 0,9 pentru înierbare,

= 0,77 pentru suprafețe rogoase (anrocamente din blocuri de piatră sau prisme din piatră brută).

h_{val} - înălțimea valului 2h (m);

α - unghiul de înclinarea a taluzului.

b) Înălțimea h_r de ridicare maximă pe taluz a valului, față de nivelul inițial liniştit, se determină şi cu relația

$$h_r = \frac{2kh_{val}}{m}\sqrt[3]{\frac{L_{val}}{h_{val}}} \qquad (7.24)$$

în care.

k este coeficientul în funcție de rugozitate, care se ia:

= 1,0 pentru îmbrăcăminte netedă, compactă, impermeabilă (beton asfaltic);

= 0,9 pentru beton (plăci rostuite)

= 0,8 pentru taluz neprotejat;

= 0,75...0,8 pentru pereu, zidărie de piatră;

= 0,60...0,65 pentru anrocamente rotunjite, bolovani;

= 0,55 pentru anrocamente cu muchii vii, piatră spartă;

= 0,50 pentru anrocamente masive (blocuri mari)

h_{val} - înălțimea valului 2h (m),

L_{val} - lungimea valului - 2L (m);

m - cotangenta unghiului de înclinare a taluzului (α) cu orizontala;

$$\frac{L_{val}}{h_{val}} = 8...10$$

Față de relația 7.23, relația de mai sus ține seama de raportul L_{val} şi h_{val}.

Pentru determinarea h_{val} se pot folosi şi valorile din tabelul 7.5 sau nomogramele întocmite de Braslavski.

7.3.7. La construcții cu pereți verticali sau cu înclinarea >1:1, față de orizontală se deosebesc două situații:

- valul se sparge direct pe perete,
- valul se sparge în fața peretelui la o distanță L de acesta.

a) În prima situație (fig. 76 b), ridicarea crestei valului peste nivelul static al apei în momentul lovirii de perete este:

$$h_{rz} = 2h\left(1,5 + \frac{\pi h^2}{4L}\right) \qquad (7.25)$$

în care:

2h este înălțimea valului;

L - 0,5 lungimea valului.

b) În a doua situație (fig. 80 c), ridicarea crestei valului peste nivelul static al apei, în momentul ciocnirii cu peretele, este:

$$h_{rz} = 1,5h + \frac{(0,75c + v)^2}{2g} \qquad (7.26)$$

în care:

c este viteza de deplasare a valului de tranzlație spart (m/s);

v - viteza pe traiectorie a unei particule lichide care se determină cu relațiile:

$$c = \sqrt{gH_a} \qquad (7.27)$$

$$v = h\sqrt{\frac{\pi g}{L}\,\mathrm{ctg}\frac{\pi H_a}{L}} \qquad (7.28)$$

în care:

g este accelerația gravitațională (m/s);

H_a - înălțimea coloanei de apă (m);

H_l - înălțimea coloanei de apă în fața peretului (m);

h - 0,5 h_{val};

L - 0,5 L.

7.3.8. Efectul de emersiune.

Prin retragerea valului se produce emersiunea (ieşirea) rapidă din apă a unei părți din îmbrăcăminte. În timp ce presiunea apei încetează pe fața exterioară a îmbrăcămintii, pe fața interioară dă naştere la o subpresiune ce acționează de jos în sus cu tendința de extracție a particulelor mărunte. fecthl poate fi anulat prin prevederea unui filtru de protecție şi încărcarea taluzului cu o suprasarcină, respectiv cu greutatea stratului superior al îmbrăcămintii.

Contră presiunea dată de retragerea valului se poate considera:

pentru anrocamente,

$$p_{an} = 0,21\,h_{val} \qquad (7.28.1)$$

pentru pereuri de piatră sau dale,

$$p_p = 0,178\,h_{val} \qquad (7.28.2)$$

Diametrul minim al pietrei utilizate pentru protecția taluzurilor atacate de valuri poate fi stabilit cu numeroase relații semiempirice:

a) Astfel, pentru:

- anrocamente aruncate,

$$d_{an} = \mu\frac{0,21h_{val}}{\gamma_p - \gamma_a}\frac{\sqrt{1+m^2}}{m} \qquad (7.29)$$

- piatră aşezată regulat sub formă de pereu,

$$d_p = \mu\frac{0,178h_{val}}{\gamma_p - \gamma_a}\frac{\sqrt{1+m^2}}{m} \qquad (7.30)$$

unde:

μ este coeficientul de siguranță egal cu 1,2...1,5;

γ_p - greutatea specifică a pietrei;

γ_a - greutatea specifică a apei;

m - cotangenta unghiului de inclinare a taluzului.

Pentru γ_p = 2,65 tf/m³ = 26 kN/m³; μ = 1,5; m = 1,5, rezultă:

$$d_{an} = 0{,}23\ h_{val} \qquad (7.30.1)$$

$$d_p = 0{,}194\ h_{val} \qquad (7.30.2)$$

Se mai aplică în general formulele:

- pentru taluzuri cu m = 2....5;

$$d_0 = \frac{k\sqrt{m^2+1}}{m(m+2)} \qquad (7.31)$$

unde:

k este coeficientul pentru anrocamente
= 1,93, pentru $L_{val} / h_{val} \le 15$ şi
= 2,04 pentru $L_{val} / h_{val} > 15$;
k este coeficientul pentru pereu şi blocuri mari de piatră
= 1,7;
m - cotangenta unghiului de înclinare a taluzului.

- pentru taluzuri cu m = 1....3:

$$d_0 = \sqrt[3]{k\frac{L_{val}}{h_{val}}\cdot\frac{1}{\sqrt[3]{m^2+1}}} \qquad (7.32)$$

în care,

k este coeficient
= 0,017, pentru blocuri de piatră masive;
= 0,025, pentru anrocamente.

Grosimea pereurilor din beton pentru a rezista acţiunii valurilor se determină cu formula simplificată:

$$\delta = \frac{p_{val}}{2\sigma_a} \qquad (7.33)$$

unde:

δ este grosimea pereului (m);
$p_{val} = 3\ h_{val}$ - presiunea valului pe taluz în locul de izbire (tf/m);
h_{val} - înălţimea valului - 2h (m);
σ_a - presiunea admisibilă pe teren.

a) Grosimea minimă a plăcilor de beton se poate stabili cu relaţia:

$$\delta_m = c\frac{0{,}1\gamma_a h_{val}}{(\gamma_b-\gamma_a)\sqrt{b}\cos\alpha} \qquad (7.34)$$

în care: δ_m este grosimea plăcii de beton (m);
c - coeficient de formă egal cu 1,25.... 1,5 pentru înclinări ale taluzului între 1:1,5.... 1:2;
γ_a - greutatea specifică a apei;

γ_b - greutatea specifică a betonului;
h_{val} - înălţimea valului - 2h;
b - latura plăcii, presupusă pătrată;
α - unghiul taluzului cu orizontala.

Grosimea minimă a plăcilor de beton pentru a se asigura stabilitatea din efectul de emersiune (la subpresiune) se determină orientativ cu formula:

$$\delta_m = k_s\frac{0{,}15h_{val}}{(\gamma_b-\gamma_a)\cos\alpha}\sqrt[3]{\frac{L_{val}}{2(l+b)}} \qquad (7.35)$$

în care: δ_m este grosimea minimă a plăcii de beton (m);
k_s - coeficient de siguranţă egal cu 1,3;
γ_b - greutatea specifică a betonului;
γ_a - greutatea specifică a apei;
α -unghiul taluzului cu orizontala;
l - lungimea plăcii;
b - lăţimea plăcii.
Formula este valabilă pentru m = 2 ...5 şi L_{val} / h_{val} = 8.....15.

Îmbrăcămintile calculate la valurile de vânt trebuie să reziste şi la acţiunea curentului apei de viteză v (m/s) potrivit relaţiilor 7.13 şi 7.14.

$$d \ge 0{,}04\ v^2;$$
$$\delta \ge 0{,}05\ v^{2/3}$$

în care:

d este diametrul de calcul al blocului stabil;
δ - grosimea îmbrăcăminţii de beton.

Înălţimea de siguranţă suplimentară (garda)

a) Din practica îndelungată a apărărilor de mal şi terasamente se recomandă:

- la nivelul apei (debitul de calcul + remu), să se prevadă o înălţime de siguranţă suplimentară, până la muchia malului, platformei drumului sau căii ferate.

Valoarea minimă a acestei înălţimi este de 0,50 m şi nu se aplică nivelului la debitul de verificare.

7.4. ACŢIUNEA GHEŢII

7.4.1. Acţiunea gheţii asupra apărărilor de mal se manifestă sub mai multe forme:

- presiunea statică a câmpului de gheaţă;
- presiunea dinamică exercitată de gheţurile în mişcare antrenate de curentul de apă sau vânt;
- acţiunea de uzură a gheţii;
- acţiunea verticală de smulgere;
- prinderea gheţii de elementele apărării şi dislocarea lor;
- presiunea gheţii în spatele apărării.

Acţiunea statică a câmpului de gheaţă continuă.

Presiunea statică a gheţii se produce atunci când datorită ridicării rapide a temperaturii aerului, stratul de gheaţă începe să se dilate. Forţa de împingere depinde

de grosimea şi întinderea câmpului de gheaţă, de gradientul de temperatură în masa acestuia, de rezistenţa gheţii cristaline la sfărâmare.

Pentru o lungime a câmpului de gheaţă $L < 50$ m, presiunea statică a gheţii se poate determina cu formula empirică:

$$p_{g.s} = 0{,}9d(t_0 + 1)\sqrt{\frac{t_0}{s_0}(t_0 + 1)^2} \qquad (7.36)$$

în care:

d este grosimea câmpului de gheaţă (m);

t_0 - ridicarea maximă posibilă a temperaturii gheţii în decurs de s_0 ore şi care se ia egală cu 0,35 t (^{0} C);

s_0 - intervalul de timp (ore);

t - ridicarea temperaturii aerului în acelaşi interval de timp (^{0} C).

În lipsa observaţiilor meteorologice se poate lua:

$$\frac{t_0}{s_0} = \frac{b}{t}$$

Pentru o lăţime a câmpului de gheaţă $l < 50$ m, măsurată perpendicular pe linia construcţiei până la malul opus, valoarea împingerii se poate calcula cu formula:

$$p_{g.s.} = 3{,}1\frac{(t_{ig} + 1)^{1{,}67}}{0{,}88\,t_{ig}}t^{0{,}33}d \qquad (7.37)$$

în care:

$p_{g.s.}$ este forţa de împingere statică a gheţii;

t_{ig} - temperatura iniţială a gheţii în grade (medie pe grosime) care se ia egală cu 0,35 t din temperatura aerului la acea dată (^{0} C);

t - raportul dintre creşterea temperaturii câmpului de gheaţă în intervalul de timp s şi mărimea acestui interval, în ore. Analog ca mai sus, creşterea temperaturii câmpului de gheaţă poate fi egală cu 0,35 din creşterea temperaturii, în acelaşi interval.

d - grosimea câmpului de gheaţă (m)

În cazul unei lăţimi (l) a câmpului de gheaţă $l \geq 50$ m, valoarea $p_{g.s.}$, calculată cu relaţia de mai sus, se înmulţeşte cu un coeficient ψ conform tabelului 7.7.

Tabelul 7.7

VALORILE COEFICIENTULUI ψ

l	50...75 m	75...100 m	100...150 m	> 150 m
ψ	0,9	0,8	0,7	0,6

a) Intervalul s (ore) trebuie să fie suficient de mare (4...6ore) pentru ca încălzirea înregistrată a aerului să se poată transmite întregii mase de gheaţă şi să se producă dilataţia termică corespunzătoare.

b) Grosimea gheţii (d) în m se ia egală cu 0,8 din grosimea cea mai mare înregistrată în sectorul respectiv.

Pentru cursurile de apă din ţara noastră, grosimea medie a podului de gheaţă este în jur de 30 cm, iar grosimea maximă atinge 70 cm.

Deoarece 8/9 din grosimea gheţii se găseşte sub nivelul apei, împingerile se vor considera la 0,4 h sub acest nivel care se stabileşte în limitele hidrologice permise, în poziţia cea mai defavorabilă pentru calculul construcţiei.

Presiunea statică a gheţii se poate elimina complect prin spargerea acesteia, menţinându-se un ochi de apă neacoperit.

Acţiunea dinamică a câmpului de sloiuri **în stare liberă de plutire, masate în faţa construcţiei de apărare. Componenta p_{gs} a împingerii câmpului de sloiuri care acţionează în plan orizontal, perpendicular pe linia frontului construcţiei de apărare se calculează cu formula:**

$$p_{gs} = A\,(p_1+p_2+p_3)\sin\alpha + p_4\sin\beta \qquad (7.38)$$

în care:

A este suprafaţa câmpului de gheaţă (m^2);

p_1 - forţa de frecare a curentului de apă, pe suprafaţa interioară a câmpului de sloiuri (kgf/m^2);

p_2 - forţa de impuls a curentului pe marginea exterioară a câmpului de sloiuri (kgf/m^2);

p_3 - componenta greutăţii proprii a sloiurilor după panta curentului (kgf/m^2);

p_4 - forţa de frecare a vântului pe suprafaţa sloiurilor (kgf/m^2);

α, β - unghiurile dintre linia frontului construcţiei şi direcţia curentului, respectiv a vântului.

Mărimile p_1, p_2, p_3, p_4 se iau egale cu

$$p_1 = 0.5\,v^2,$$

$$p_2 = 50\,d/L\,v^2,$$

$$p_3 = 920\,d\,i$$

$$p_4 = 0.002\,w^2.$$

în care

v este viteza curentului sub gheaţă, egală cu 0,8 din viteza măsurată a curentului liber, în perioada acumulării sloiurilor (m/s). Pentru $v < 0{,}1$ m/s se admite $p_1 = p_2 = p_3 = 0$;

d - grosimea câmpului de gheaţă (m);

L - lungimea medie a câmpului de gheaţă, în lungul cursului de apă (m). Această lungime nu trebuie să fie luată mai mare decât de trei ori lăţimea câmpului de gheaţă (l);

i - panta cursului de apă,

w - viteza vântului la un unghi de incidenţă $45^0 < \beta < 135^0$ şi cu asigurare de 1% (m/s)

Dacă lăţimea construcţiei pe care acţionează câmpul de gheaţă este l, atunci presiunea pe m_l este:

$$p = p_{gs}/l \qquad (7.39)$$

Împingerea dinamică datorită lovirii construcţiei de apărare de către sloiurile de gheaţă **izolate care plutesc liber. Dacă direcţia de plutire a sloiurilor este apropiată de linia construcţiei ($\alpha = 80^0$ 90^0), valoarea presiunii este**

$$p_{gd} \quad kvd\sqrt{aR_s} \qquad (7.40)$$

pentru $\alpha < 80^0$

$$p_{gd} = k_1 v d \sqrt{a R_s} \sin\varphi \qquad (7.41)$$

iar.

$$p_{g\,dmax} = k_2 d R_c \qquad (7.42)$$

în care:

k este coeficient funcție de rezistența la strivire a gheții, cu valori între 2,3 ... 4,3 (tf/m^3);

v - viteza de mișcare a sloiului (m/s); pe râuri și lacuri deschise, viteza se ia egală cu viteza apei; pentru lacuri închise, viteza se ia egală cu 0,4...0,6 m/s;

d - grosimea sloiului de gheață (m); se ia 0,8 din grosimile maxime cu asigurarea de 1%, observate într-o perioadă de mai mulți ani;

a - suprafața sloiului (m^2) luată pe baza observațiilor de pe teren sau prin analogie cu alte obiective;

R_s - rezistența la spargere (cu luarea în considerare a strivirii locale a gheții) egală cu 75 t/m^2, iar pentru nivelurile cele mai înalte de curgere a sloiurilor egală cu 45 t/m^2;

R_c - rezistența la compresiune a gheții (fără considerarea strivirii locale), se va lua 45 t/m^2;

k_2 - coeficient care ține seama de contactul parțial a ghețurilor cu construcția, egal cu 0,6...0,8 pentru stadiul inițial, respectiv pentru nivelul maxim de scurgere a ghețurilor;

k_1 - coeficient funcție de tipul construcției; pentru pile se consideră 0,43; pentru pereți 0,7.

Acțiunea de eroziune a sloiurilor asupra suprafeței construcției. Pentru anularea efectelor acestei acțiuni se iau măsuri de protecție a suprafeței construcției prin placarea cu straturi de beton cu rezistență sporită.

În calcule se poate lua pentru coeficientul de frecare al gheții pe beton, valoarea:

$$f = 0,11$$

Forța de smulgere apare în momentul când gheața care s-a prins de mal se pune în mișcare datorită curentului apei, antrenând astfel elementele din construcția de apărare, cum ar fi: dale de beton, pari, anrocamente, etc.

Acțiunea gheții asupra construcțiilor cu taluz.

La malurile care permit deformații sau la pereurile înclinate, presiunea gheții se compensează, fie prin deformațiile malurilor, fie prin ridicarea gheții pe paramentul indicat.

Componenta verticală a împingerii se poate determina cu formula:

$$V = R_i \lambda d^2 \qquad (7.43)$$

iar componenta orizontală:

$$H = V \operatorname{tg}\alpha \qquad (7.44)$$

în care

R_i - rezistența gheții la încovoiere (tf/m^2) care se consideră egală cu 0,6 R_s, determinată mai sus;

λ - coeficient funcție de grosimea gheții, coform tabelului 7.9;

d - grosimea sloiului de gheață (m);

α - unghiul taluzului cu orizontala.

Tabelul 7.9

VALORILE COIFICIENTULUI λ

d (m)	0,4	0,5	0,6...0,7	0,8...0,9	1,0...1,3
λ (m^{-1})	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04

Presiunea gheții din spatele apărării.

Gheața care se formează în spatele consolidărilor de maluri este cauza unor degradări însemnate mai ales la apărările din beton turnat pe loc, sub care nu s-a așezat un strat drenant sau un filtru invers de protecție corespunzător.

În aceste cazuri, apa nu se poate scurge din spatele apărării și prin înghețare exercită o presiune asupra plăcilor, fisurându-le.

7.5. FILTRU DE PROTECȚIE

7.5.1. Pentru combaterea fenomenului de antrenare a particulelor fine din taluzul protejat, de către curenții hidrodinamici ce se creează dinspre mal spre cursul de apă, se va așeza sub pereurile de protecție un filtru invers, care constă din unul sau mai multe straturi de material granular, de piatră sortată cu rol filtrant drenant, așezate în ordinea crescândă a granulației, după sensul curentului de exfiltrație:

a) Îmbrăcămințile de protecție a malurilor sub formă de pereuri etanșe se așează pe un pat drenant, alcătuit din 1 ...2 straturi drenante din materiale granulare;

- îmbrăcămințile de protecție sub formă de pereuri permeabile se așează pe un filtru invers de protecție alcătuit din 1...3 straturi filtrante din materiale granulare;
- straturile drenante sau filtrante se execută vertical, înclinat sau orizontal, fenomenul de filtrație putându-se produce transversal, în lungul lor sau mixt.

7.5.2. Compoziția straturilor trebuie astfel aleasă încât să îndeplinească următoarele condiții:

- să nu aibă loc sub acțiunea curentului deplasarea granulelor în cadrul aceluiași strat;
- particulele din stratul inferior să nu treacă prin porii stratului următor, construit din granule mai mari;
- particulele terenului protejat să nu fie extrase prin filtru decât cel mult în proporție de 5% din totalul fracțiunilor mai mici de 0,1 mm pentru a nu compromite rezistența terenului;
- să nu producă antrenarea particulelor la contactul dintre straturi, în cazul unui curent longitudinal.

Straturile drenante sau filtrante sunt alcătuite din nisipuri, balast, pietrișuri naturale sau piatră spartă concasată.

7.5.3. Grosimea straturilor constituente ale filtrului se calculează cu relația:

$$f_i = 3{,}84 d_i \ln\frac{\psi_i}{4{,}5} \qquad (7.45)$$

unde:

f_i este grosimea stratului;

$\psi_i = \frac{d_i}{d_i - 1}$ - coeficientul interstrat la contactul dintre pământ şi primul strat al filtrului:

d_i şi d_i - 1 - diametrele medii a două straturi vecine;

$N = d_{60}/d_{10}$ - coeficientul de neuniformitate a stratului;

d_{10} - diametrul efectiv, corespunzător greutăţii de 10% din probă;

d_{60} - diametrul de control care corespunde greutăţii de 60% din probă, citită pe curba granulometrică.

a) Pentru filtre de îmbrăcăminţi la taluzuri se recomandă:

$$N \le 6...8$$

$$\psi_1 = \frac{d_1}{d_0} < (10...15) 4{,}5\, e^{0{,}26} \frac{f_1}{d_1} \quad (7.46)$$

$$\psi_1 = \frac{d_i}{d_i - 1} < (10...15) 4{,}5\, e^{0{,}26} \frac{f_i}{d_i} \quad (7.47)$$

unde:

d_0 - diamertul mediu al pământului protejat;

e = 2,71828 (număr adimensional).

Valorile inferioare 6 şi 10 se adoptă pentru filtre la diguri de pământ şi la contrabanchete de suport a îmbrăcămintilor.

Valorile superioare (8...15) se adoptă la protecţii de taluzuri.

7.5.4. Din motive constructive, la lucrările de apărare, grosimea filtrului nu poate fi mai mică de 10...15 cm.

7.5.5. Diametrul stratului superior "d" al filtrului, trebuie să verifice condiţia:

$$d_n \ge 0{,}20\, d_p \quad (7.47.1)$$

unde:

d_p - este diametrul pietrei din pereu.

La protecţiile de piatră sub formă de anrocamente se poate utiliza filtru continuu dintr-un singur strat, alcătuit dintr-un amestec cu:

$$N = \frac{d_{60}}{d_{10}} < 5...6$$

cu

$$d_{60} \ge 0{,}20 \sqrt[3]{\frac{g_{an}}{\gamma_p}} \quad (7.48)$$

unde:

γ_p - greutatea specifică a pietrei;

g_{an} - greutatea pietrei din anrocamente.

7.5.6. Filtru de protecţie, folosit în practică se poate dimensiona şi după tabelul 7.10 în funcţie şi de grosimea pereului sub care se aşează.

În figura 78 se dau indicaţii de aplicare a filtrelor drenante mai des folosite:

Filtrul tip1, alcătuit dintr-un strat de pietriş sau balast de 10,15 sau 20 cm.

Filtrul tip 2, alcătuit din două straturi: nisip de 5 sau 10 cm şi pietriş sau piatră spartă de 10 sau 15 cm.

Filtrul tip 3, alcătuit din două straturi: pietriş sau piatră spartă de 10 sau 15 cm şi balast de 5 sau 10 cm.

Domeniul de aplicare:

Numărul de straturi şi grosimea acestora se alege în funcţie de natura materialului din care este alcătuit malul sau taluzul, de grosimea şi felul îmbrăcămintii de protecţie.

În funcţie de natura materialului:

Tipul 1 se utilizează în cazul când taluzul este alcătuit din argile nisipoase compacte şi nisipuri grosiere. Pietrişul poate avea dimensiunea de 3,5...6,0 cm.

Tipul 2 se utilizează când taluzul este alcătuit din nisipuri mijlocii. Nisipul grosier poate avea dimensiunea de 1....3 mm.

Tipul 3 se utilizează când taluzul este alcătuit din nisipuri fine sau nisipuri prăfoase. Când malul este alcătuit din balast, nu se prevede filtru.

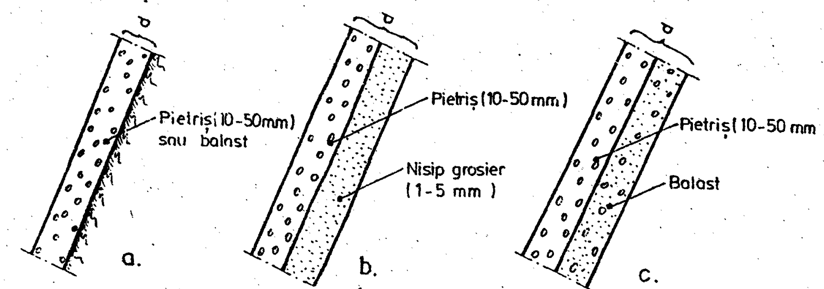


Fig. 82. Filtru de protecţie
a) filtrul tip I, dintr-un strat de pietriş sau balast b) filtrul tip II, din două straturi de pietriş şi nisip; c)filtrul tip III, din două straturi de pietriş şi balast.

Tabelul 7.10

GROSIMILE FILTRULUI DE PROTECŢIE ÎN FUNCŢIE DE GROSIMEA ÎMBRĂCĂMIŢII

g (cm)	Tipul I		Tipul II			Tipul III		
	d_1	d	d_1	d_2	d	d_1	d_3	d
10...20	10	10	10	5	15	10	5	15
	10	10	10	5	15	10	5	15
	10	10	10	5	15	10	10	20
23...30	15	15	10	10	20	10	10	20
	20	20	15	10	25	15	10	25
35...50	20	20	15	15	30	20	15	15
	25	25	20	20	40	25	25	50

Legendă:

d este grosimea filtrului de protecție;
d_1 - grosimea stratului de pietriș;
d_2 - grosimea stratului de nisip;
d_3 - grosimea stratului de balast;
g - grosimea îmbrăcămintii de protecție.

7.5.7. Filtrul de protecție din geotextile. Datorită rezistenței lor ridicate, permeabilității și ușurinței de instalare, geotextilele vor înlocui filtrul invers din material granular cu rol filtrant - drenant la apărările de maluri ale râurilor, lacurilor, digurilor ca și la lucrările permeabile sau impermeabile.

a) Criterii de dimensionare a filtrelor din geotextile. Alegerea unui filtru geotextil se face pe baza a două criterii:

- de reținere a particulelor de pământ de către geotextile, care previn antrenarea de către apă și
- de permeabilitate, potrivit căruia permeabilitatea unui geotextil folosit ca filtru trebuie să fie mai mare ca permeabilitatea pământului înmulțit cu un coeficient de siguranță egal cu 10.

Criteriul de reținere de către geotextile a particulelor de pământ este exprimat prin relația:

$$\frac{D_{95}}{d_{50}} \le \frac{18}{U} \qquad (7.49)$$

în care:

$\frac{D_{95}}{d_{50}}$ raport ce dă dimensiunea porilor geotextilelor (D);

$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ - coeficient de uniformitate a pământului (d).

Potrivit acestui criteriu, geotextilele se recomandă a fi folosite astfel:

- **pentru pământ compact, nisipos, geotextile puțin groase, ca Madril, Netesin neimpregnat;**
- **pentru pământ afânat geotextile subțiri și dense impregnate (Netesin 200 impregnat, Terasin) sau lipite termic;**
- **pentru pământ argilos, geotextile subțiri impregnate (Netesin 300);**
- **pentru pământ prăfos, geotextile mai dense (Netesin 550.impregnat, Terasin 600 impregnat).**

Se mai recomandă ca la pământurile argiloase, să se aplice criteriului de reținere un coeficient de siguranță egal cu 10. Pentru celelalte pământuri, să se facă aplicarea coeficientului de siguranță la criteriul de permeabilitate.

7.6 STABILITATEA ELEMENTELOR ÎMBRĂCĂMINȚILOR

7.6.1. Pentru stabilirea de ansamblu a îmbrăcămintii se deosebesc două cazuri.

- îmbrăcăminți etanșe,
- îmbrăcăminți permeabile.

Stabilirea elementelor îmbrăcămintilor (pereurilor) se verifică din condițiile de :

- stabilitate la plutire,
- stabilitate la alunecare pe taluz.

7.6.2. Stabilitatea elementelor pereurilor etanșe:

- condiția de stabilitate la plutire este:

$$p \le d\,\gamma_b \cos\alpha$$

- condiția de stabilitate la alunecare pe taluz este:

$$(d\,\gamma_b \cos\alpha - p)\,tg\varphi - d \ldots in\,\alpha \ge 0;$$

$$p \le d\,\gamma_b \cos\frac{tg\varphi - tg\alpha}{tg\varphi} \qquad (7,50)$$

în care:

$p = (h_1 - h_2)\,\gamma$ este diferența de presiune între două puncte situate deasupra și dedesubtul pereului în punctul în punctul în care se face verificarea;

d – grosimea îmbrăcămintii (m);

γ – unghiul de frecare între pereu și fundație sau unghiul de frecare interioară al materialului necoeziv ap pereului;

α – unghiul de înclinare a pereului;

γ_b – greutatea specifică a betonului sau a materialului îmbrăcămintii.

Din aceste condiții se deduce grosimea necesară a pereului etanș.

7.6.3. Stabilitatea elementelor pereurilor permeabile.

- condiția de stabilitate la plutire este:

$$\cos\alpha\sum_1^n\left[d_x(1-m_x)\gamma_x + d_x m_x \gamma\right] \ge \gamma\left[\Delta H + \cos\alpha\sum_1^n d_x\right] \qquad (7.51)$$

- condiția de stabilitate la alunecare pe taluz este:

$$\sin\alpha\left\{\sum_1^n\left[d_x(1-m_x)\gamma_x + d_x m_x \gamma\right] - \gamma\sum_1^n d_x\right\}$$

$$tg\varphi\left\{\cos\alpha\sum_1^n\left[d_x(1-m_x)\gamma_x + d_x m_x \gamma\right] - \gamma\left[\Delta H + \cos\alpha\sum_1^n d_x\right]\right\} \qquad (7.52)$$

în care:

d_x este grosimea unui strat al filtrului cu n straturi;
m_x – porozitatea stratului în procente;
γ_x – greutatea specifică a materialului din stratul x;
ΔH – pierderea de sarcină în filtru.

7.6.4. Dimensiunile elementelor izolate ale pereului se pot determina cu relațiile:

a) Curent paralel cu malul:

$$d \geq \frac{\beta}{\Delta}\frac{v^2}{2g}\left[\frac{1}{\sqrt{1-\frac{\sin^2\alpha}{\sin^2\varphi}}}\right] \quad (7.53)$$

în care:

β este coeficientul care depinde de rugozitatea malului și turbulența mișcării: $\beta = 0,7...1,4$

$\Delta = \frac{\gamma_x - \gamma_a}{\gamma_a}$

γ_x -greutatea specifică a materialului;

v - viteza maximă a curentului de întoarcere produs de nave în combinație cu alte viteze din canal.

b) Curentul perpendicular pe mal produs de un val deferlat:

$$d \geq \frac{\delta}{\Delta}\left[\frac{h_{val}}{\cos\alpha - \sin\alpha}\right] \quad (7.54)$$

în care:

δ = 0,2....0,3, este un coeficient care depinde de panta taluzului și lungimea valului;

h_{val} - 2h (m);

α - unghiul de înclinare a taluzului.

c) Curent longitudinal malului combinat cu curenții de exfiltrație(elemente sub nivelul apei):

$$d \geq \frac{\beta}{\Delta}\frac{v^2}{2g}\frac{1}{\sqrt{\left(\cos\alpha - \frac{i}{\Delta}\right)^2 - \frac{\sin^2\alpha}{tg^2\varphi}}} \quad (7.55)$$

în care:

$\beta = 0,7...1,4$;

$i = \frac{\Delta H}{d_x}$.

d) Pentru zona taluzului din apropierea fundului, trebuie să se țină seama că efortul de antrenare (f_a) pe taluz este aproximativ egal cu 0,75 din efortul de antrenare de pe fundul albiei, $f_a = i\,\gamma_a\,h_m$.

7.7 STABILITATEA APĂRĂRII DE MAL LA ALUNECARE

7.7.1. Stabilitatea la alunecare a unei apărări de mal se realizează prin contrabanchete din anrocamente din piatră brută, blocuri de beton, gabioane, etc., așezate la piciorul taluzului ce se protejează.

7.7.2. Forțele care acționează asupra apărării de mal pe unitatea de lungime de mal sunt următoarele:

G_1 și G_2 - greutățile protejării și contrabanchetei cu luarea în considerare a pierderii greutății la scufundarea în apă;

F_1 și F_2 - greutățile prismelor de apă Cbd și AabCBA.

Presiunea hidrodinamică este:

$$p_{h.d.} = \frac{\gamma_a H_a v_m^2}{2g} \approx 51 H_a v_m^2 \quad (7.56)$$

Presiunea hidrostatică este:

$$p_{h.s.} = \frac{\gamma_a H_a^2}{2} \quad (7.57)$$

în care:

γ_a - greutatea specifică a apei;

H_a - înălțimea coloanei de apă;

v_m - viteza medie a curentului de apă;

g - accelerația gravitațională.

7.7.3. Stabilitatea maximă a apărării se realizează când coeficientul de stabilitate $k_s = 1,3....1,5$.

$$k_s = \frac{M_s}{M_r}$$

și unghiul $\alpha_1 \leq \varphi$,

unde:

α_1 - este unghiul de înclinare a taluzului;

φ - unghiul de frecare interioară a materialului din versant.

Din această condiție se deduce mărimea necesară a contrabanchetei G_2.

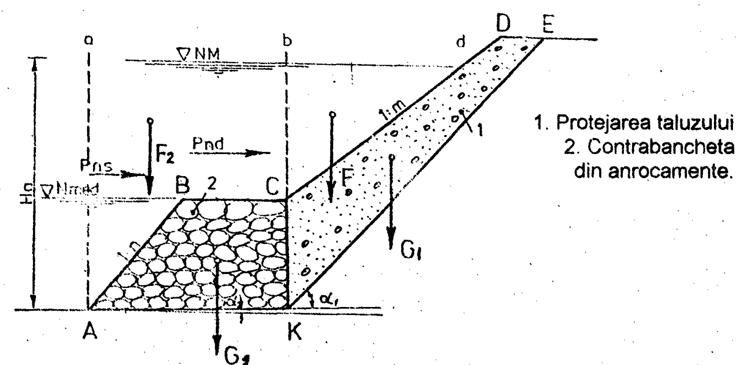


Fig. 83 Stabilitatea la alunecare a unei apărări de mal

7.7.4. În afară de stabilitatea generală, fiecare element component al contrabanchetei și apărării de mal trebuie să reziste la presiunea hidrodinamică a curentului și valurilor.

7.7.5. Dimensiunea anrocamentelor se calculează în acest sens cu formula ....sau..... ori cu tabelul 7.2.

7.7.6. În cazul apărării şi consolidării unui mal alunecat, verificarea stabilităţii generale a lucrării se va face conform fig. 85 cu formula 7.69.

7.8. STABILITATEA ZIDULUI DE APĂRARE LA ALUNECARE

7.8.1. Zidurile de sprijin se vor dimensiona la împingerea pământului, ţinând seama de caracteristicile fizico-mecanice ale stratificaţiei terenului pe care-l susţine, precum şi de influenţa apei asupra valorii împingerii. Cazul cel mai defavorabil pentru un zid este atunci când după o viitură, terenul din spatele zidului este inundat (fig. 81).

Scăderea de nivel de pe cursul de apă producându-se mai repede decât scăderea de nivel din spatele zidului, acesta este supus la o împingere suplimentară datorită diferenţei de nivel creată şi micşorării caracteristicilor fizico-mecanice ale terenului.

În acest din urmă caz, apa acţionează asupra valorii împingerii prin:

- micşorarea greutăţii volumice a terenului imers (prin acţiunea subpresiunii);
- presiunea laterală a apei, care se adaugă la cea a terenului.

a) Presiunea laterală unitară la adâncimea h a pământului în stare uscată este:

$$p_{p.o.} = \gamma_s(1-n)k_a h \qquad (7.58)$$

- scăderea datorită subpresiunii apei:

$$p_{p.o.} = \gamma_a(1-n)k_a t \qquad (7.59)$$

- presiunea laterală a apei:

$$p_a = \gamma_a t \qquad (7.60)$$

- presiunea laterală unitară totală va fi:

$$p_{p.t.} = \left[\gamma_s(1-n)h - \gamma_a(1-n)t\right]k_a + \gamma_a t \qquad (7.61)$$

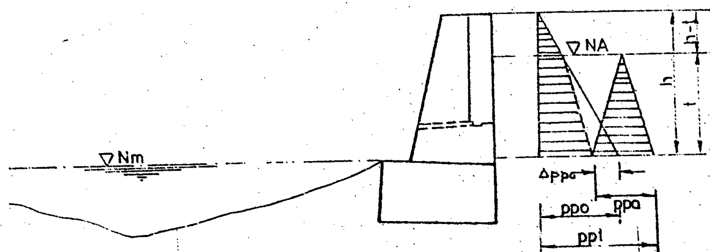


Fig. 84. Determinarea împingerii pământului în cazul unei diferenţe de nivel hidrostatic.

unde

γ (1-n) este greutatea volumică a pământului în stare uscată;
n - porozitatea;
t - înălţimea coloanei de apă,
$k_a = tg^2(45^0 - \varphi/2)$ - coeficientul de împingere activă.
Împingerea totală asupra zidului de sprijin va fi:

$$E_a = \frac{(p_1 + p_2)}{2}t + \frac{p_2(h-t)}{2} + \frac{p_a t^2}{2} \qquad (7.62)$$

Practic se calculează împingerea separat pentru cele două zone, considerând la calculul cu apă, zona uscată ca suprasarcină şi luând greutatea pământului în zona sub apă cu greutatea specifică:

$$\gamma' = (\gamma_s - \gamma_a)(1-n) \qquad (7.63)$$

b) În cazul malurilor formate din deluvii sau conuri de dejecţie aşezate pe terenuri stabile, înclinate, împingerea pământului se va determina grafic prin una din metodele: Culmann, Rebahnn şi metoda grafică a lui Poncelet.

c) În toate cazurile, partea de teren de deasupra apei se va considera ca suprasarcină având greutatea volumică (γ_d):

$$\gamma_d = \gamma_s(1-n) \qquad (7.64)$$

în cazul terenului uscat, şi:

$$\gamma_e = \gamma_s(1-n) + \gamma_a n \qquad (7.65)$$

în cazul terenului îmbibat cu apă, în urma scăderii nivelului apei pe cursul de apă, după o viitură.

Sprasarcina se exprimă în acest caz ca o înălţime echivalentă de pământ submersat:

$$y = \frac{\gamma_e(h-t)}{\gamma_s - \gamma_a} \qquad (7.66)$$

unde:

y este înălţimea echivalentă de pământ submersat;
h - grosimea totală a terenului din spatele zidului de apărare (sprijin);
t - grosimea stratului de pământ submersat.

7.8.2. Adâncimea de fundare a zidurilor de apărare se determină din condiţia de stabilitate, precum şi din condiţia siguranţei contra afuierii, de adâncimea de îngheţ şi de adâncimea la care se găseşte terenul bun de fundare.

7.8.3. Verificarea stabilităţi zidului se face prin metoda curbelor de alunecare (fig. 85).

7.8.4. Curba de alunecare cea mai periculoasă se deduce pe baza echilibrului la limită, în funcţie de caracteristicile fizico-mecanice ale terenului pe care-l sprijină.

7.8.5. Această curbă corespunde unghiului de frecare minim. Dacă curba de alunecare se situează sub talpa fundaţiei zidului proiectat, zidul nu va fi stabil. În acest

caz se va coborâ cota de fundare cu minimum 1...1,5 m sub curba de alunecare, la muchia din față.

7.8.6. Dacă curba de alunecare se află deasupra tălpii fundației cu minimum 1...1,5 m deasupra muchiei din față, zidul va avea stabilitatea asigurată, cu condiția ca presiunea pe talpa fundației să nu depășească presiunea admisibilă.

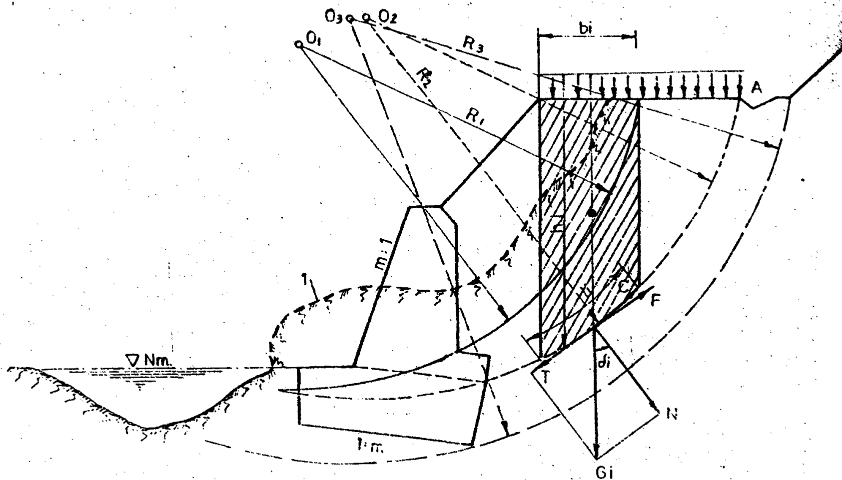


Fig. 85 Verificarea stabilității zidului de apărare:
1- teren alunecat; C = cl - coeziunea pe curba de alunecare; $G = b_i h_i \gamma_s$;
$T = G \sin\delta_i$; $N = G_i \cos\delta_i$; $F = f N = f G_i \cos\delta_i$; $f = tg\varphi$ - frecarea pe curba de alunecare;
R - raza suprafeței de alunecare cilindrică.

7.8.7. Coeficientul de frecare în condițiile echilibrului la limită se află din condiția de momente față de centrul curbei de alunecare (cerc), coeficientul de siguranță $K_s = 1$.

$$f = \frac{K_s \sum T - \sum cl + \sum T'}{\sum N} = \frac{1\sum T - \sum cl + \sum T'}{\sum N} \qquad (7.67)$$

7.8.8. Dacă din foraje se poate deduce curba de alunecare, se verifică dacă stabilitatea generală este satisfăcută, determinându-se K_s cu formula:

$$K_s = \frac{\sum fN + \sum cl - \sum T'}{\sum T} \qquad (7.68)$$

unde:

T reprezintă alunecarea pe curba descendentă cu componenta tangențială a greutății masivului care alunecă;

T' - alunecarea pe curba ascendentă, contrar cu T, și depinde de f;

N - componenta normală la curbă a greutății masivului care alunecă;
C - coeziunea materialului pe curba de alunecare (cl);
f - coeficientul de frecare pe curba de alunecare.
Coeficienții de frecare (f) se găsesc în tabelele 7.11 și 7.12.

7.8.9. Pentru stabilitate, K_s trebuie să fie egal cu 1,3... 1,5.

7.8.10. După determinarea curbei de alunecare și a coeficientului de frecare respectiv, se dimensoinează zidul de sprijin la împingerea dată de expresia:

$$E = \frac{R_1}{R_1 - \frac{h}{3}}\left(\sum T - f\sum N - \sum cl\right) \qquad (7.69)$$

în care:

R_1 este raza suprafeței cilindrice de alunecare.

Dacă nu se ține seama de coeziune, formula devine:

$$E = \frac{R_1}{R_1 - \frac{h}{3}}\left(\sum T - f\sum N\right) \qquad (7.70)$$

Stabilitatea zidului se realizează fundând zidul sub cota de alunecare și sub adâncimea de afuiere.

7.8.11. Se recomandă ca în cazul alunecărilor, la calculul stabilității să nu se țină seama de coeziune pe curba de alunecare.

Tabelul 7.11

COEFICIENŢII DE FRECARE "f"

Nr. crt.	Denumirea materialului	Coeficientul de frecare (f) la alunecare
	1. Zidării şi betoane	
1	Zidărie de piatră brută pe zidărie	0,75
2.	Beton pe beton	0,65
3.	Zidărie de piatră brută pe beton	0,70
4.	Zidărie de piatră brută şi beton pe pământ uscat şi tare	0,65
5.	Zidărie de piatră brută şi beton pe pământ argilos umed	0,30
6.	Zidărie de piatră brută şi beton pe pământ argilos îmbibat cu apă	0,20
7.	Zidărie de piatră brută şi beton pe nisip uscat	0,55
8.	Zidărie de piatră brută şi beton pe nisip îmbibat cu apă	0,45
9.	Gabion pe gabion	0,70
10.	Granit cu finisare brută pe granit	0,73
11.	Granit cu finisare brută pe beton	0,60
12.	Granit finisat pe granit finisat sau pe beton	0,50
13.	Zidărie de piatră sau beton pe zidărie uscată de piatră	0,70.....0,80
14.	Zidărie de piatră sau beton pe anrocamente, în apă	0,50...0,60
15.	Anrocamente pe pământ vegetal sau nisipos, uscat	0,50....0,70
16.	Anrocamente pe pământ vegetal sau nisipos, în apă	0,40...0,50
17.	Zidărie de piatră sau beton pe pământ vegetal, uscat	0,45....0,65
18.	Zidărie de piatră sau beton pe pământ vegetal, în apă	0,30....0,40
19.	Anrocamente pe argilă uscată	0,35....0,45
20.	Anrocamente pe argilă, în apă	0,30...0,33
21.	Între pietrele anrocamentelor uscate sau din apă	0,70....0,82
	2. Pământ pe pământ	
22.	Nisip afânat uscat	0,58....0,70
23.	Nisip afânat umed	0,62....0,84
24.	Nisip îmbibat cu apă	0,36....0,47
25.	Argilă uscată	0,84....1,00
26.	Argilă îmbibată cu apă	0,36....0,58
27.	Pietriş (prundiş) uscat	0,70....0,84
28.	Pietriş (prundiş) îmbibat cu apă	0,58
29.	Pământ mâlos, compact, uscat	0,84...1,20
30.	Pământ mâlos îmbibat cu apă	0,36...0,47
31	Nisip afânat pe zidărie de piatră sau beton, la uscat	0,60...0,70
32.	Nisip afânat pe zidărie de piatră sau beton, în apă	0,30...0,50
33.	Pietriş (prundiş) pe zidărie de piatră sau pe beton, la uscat	0,50...0,60
34.	Pietriş (prundiş) pe zidărie de piatră sau pe beton, în apă	0,40....0,50
	3 Căsoaie de lemn	
35	Căsoaie pe anrocamente	0.58...0.60
36	Căsoaie pe nisip uscat	0.45
37	Căsoaie pe nisip în apă	0,35
38	Căsoaie pe pământ argilos îmbibat cu apă	0.25
39	Căsoaie pe pământ vegetal uscat	0.40...0.50
40	Căsoaie pe pământ vegetal în apă	0.30...0.40
	4 Diverse materiale	
41.	Lemn pe piatră la uscat	0,60
42	Lemn pe lemn, de-a lungul fibrelor, la uscat	0 50
43	Lemn pe lemn, de-a lungul fibrelor, cu ungere	0.30
44	Lemn pe oţel, în stare uscată	0,55
45	Lemn pe oţel, în apă	0,65
46	Gheaţă pe beton	0,11

Tabelul 7.12

VALORILE UNGHIURILOR DE FRECARE "φ" COEFICIENŢII DE FRECARE " f" ŞI COEZIUNE " C"

Nr. crt.	Categoria pământului	Unghiul de frecare φ^0	Coeficient de frecare f	Coeziunea C (t/m)
1.	Pământ argilos mărunt îmbibat cu apă	$29^0 34'$	0,57	1,70...2,20
2.	Pământ argilos, foarte umed	$8^0 40'$	0,14	1,93...2,19
3.	Pământ argilos uscat	$8^0 40'$	0,15	2,61...3,20
4.	Pământ argilos luat din rambleu	$10^0 40'$	0,19	1,80...2,68
5.	Nămol nisipos	$30^0 10'$	0,58	2,0
6	Nisip nămolos	30^0	0,58	2,0
7.	Nisip mărunt dens, uscat	33^0	0,65	-
8.	Pământ argilos moale	20^0	0,36	0,50
9.	Loess	17^0	0,31	0,40
10.	Argilă nisipoasă	25^0	0,46	-
11.	Nisip uscat	34^0	0,67	-
12.	Nisip cu cantitate mică de argilă	30^0	0,58	2,0
13.	Nisip amestecat cu prundiş	34^0	0.67	5,0
14.	Pământ argilos moale	6^0	0,11	5,0
15.	Pământ argilos foarte plastic	8^0	0.14	7,5
16.	Pământ argilos dur	12^0	0,21	10,0

BIBLIOGRAFIE

1. R. J. Bally, V. Perlea, 1983. – *Diguri şi baraje din materiale locale pe terenuri slabe de fundare*. Editura Ceres.

2. A. Băicescu. – *Căsoaie din elemente prefabricate din beton umplute cu material local*, ICPGA Proiect 1624/67.

3. V. Băloiu, 1967. – *Combaterea eroziunii solului şi regularizarea cursurilor de apă*. Editura Didactică şi Petagocică.

4. D. Bătucă, 1981. – *Contribuţii la rezolvarea unor probleme de morfologia albiilor râurilor şi canalelor*. Teză doctorat IANB.

5. M. Botzan, 1984. – *Apele în viaţa poporului român*. Editura Ceres.

6. S. Boeru, R. Mîndru, 1970. – *Îndiguiri*. Editura Ceres.

7. M. Brehoiu, 1983. – *Aplicarea proiectelor şi modulelor tip la lucrările de regularizare a albiilor*. CNA – ICPGA – DA – Prut; Consfătuirea de lucru, Iaşi.

8. P. G. Chiselev, 1953. – *Îndreptar pentru calcule hidraulice*. Editura Energetică de Stat.

9. V. Chiriac, A. Filotti, I. A. Manoliu, 1980. – *Prevenirea şi combaterea inundaţiilor*. Editura Ceres.

10. S. Hâncu, 1976. – *Regularizarea albiilor râurilor*. Editura Ceres.

11. N. G. Ioan, A. N. Ioan, 1983. – *Îndrumător pentru dimensionarea construcţiilor hidrotehnice*. Editura Ceres.

12. D. V. Joglekar, 1971. – *Manual on river behaviourcontrol and training*. New Delhi.

13. L. Kellner, D. Botzan, 1983. – *Elemente constructive pentru protecţia malurilor realizate din geotextile ţesute*. Revista Hidrotehnica nr. 1.

14. P. Kellner, S. Boer, L. Kellner, 1986. – *Apărarea digurilor*. Editura Ceres.

15. M. Lateş, E. Zaharescu, 1972. – *Apărarea malurilor şi protejarea taluzurilor*. Editura Ceres.

16. S. Leutschaft, 1983. – *Realizarea şi comportarea lucrărilor pentru apărarea malurilor cursurilor de apă din zona de vest a ţării*. CNA; ICPGA; DA; Prut, Iaşi.

17. I. A. Manoliu, 1973. – *Regularizări de râuri şi căi de comunicaţii pe apă*. Editura Didactică şi Pedagogică.

18. C. Mitoiu, 1983. – *Concepţii actuale cu privire la soluţiile de regularizare a albiilor cursurilor de apă*. CNA; ICPGA; DA Prut, Iaşi.

19. C. Mitoiu, 1988. – *Proiectarea lucrărilor de regularizări de râuri şi îndiguiri*. AMC, IANB, Bucureşti.

20. S. Neicu, 1983. – *Determinarea nivelurilor maxime în situaţia naturală şi în condiţii de regularizare a albiilor. Criterii şi posibilităţi de aplicare a programelor de calcul UNDA şi MIPE*. CNA; ICPGA; DA Prut Iaşi.

21. R. A. Pop, 1981. – *Construcţii şi amenajări hidrotehnice*. Editura Tehnică.

22. C. Săraru, 1983. – *Contribuţii privind îmbunătăţirea soluţiilor de regularizare a cursurilor de apă*. Revista Hidrotehnica nr. 7.

23. I. Teodorescu, Al. Florescu, 1970. – *Probleme actuale de combatere a inundatiilor*. ICDT.

24. *Instruncţiuni tehnice pentru proiectarea lucrărilor de regularizări de râuri*. ICPGA, 1985.

25. *Normativ departamental privind proiectarea lucrărilor de apărare a drumurilor, căilor terate şi podurilor*. MTTc, IPTANA, ID, 161/85.